

Optisches Sicherheitselement und System zur Visualisierung von versteckten Informationen

Die Erfindung betrifft ein optisches Sicherheitselement mit einer Substratschicht, in die in einem von einer X- und einer Y-Achse aufgespannten Flächenbereich eine durch Reliefparameter, insbesondere Reliefform, Relieftiefe, Spatialfrequenz und Azimutwinkel, definierte Reliefstruktur zur Erzeugung eines optisch erkennbaren Effektes ausgeformt ist, sowie ein System zur Visualisierung von versteckten Informationen mit einem derartigen optischen Sicherheitselement.

Aufgrund der immer besser werdenden Photokopiertechnik und der ständigen Weiterentwicklung von elektronischen Scann- und Druckvorrichtungen besteht ein zunehmender Bedarf an möglichst fälschungssicheren optischen Sicherheitselementen.

US 6 351 537 B1 beschreibt nun ein optisches Sicherheitselement, das ein Hologramm und ein verstecktes Bild zur Erhöhung der Kopiersicherheit kombiniert. Bei dem verwendeten Hologramm handelt es sich um ein Tageslicht-Hologramm, das durch eine in einem Photopolymerfilm abgeformte beugungsoptische Struktur generiert wird und ohne Verwendung einer monochromatischen, kohärenten Lichtquelle sichtbar ist. Das versteckte Bild und das Hologramm sind vorzugsweise benachbart auf einem Substrat angeordnet. Das versteckte Bild wird mittels einer Decodiervorrichtung sichtbar gemacht. Als Decodiervorrichtung können hierbei digitale Kopierer oder Scanner, aber auch transparente Träger dienen, auf die ein Linienraster mit einem der gewünschten Abtastfrequenz entsprechenden Linienabstand aufgedruckt ist. Das versteckte Bild wird hierbei dadurch aus einem Ausgangsbild erzeugt, dass zuerst die Frequenz-Komponenten des Ausgangsbildes, die grösser als die halbe Abtastfrequenz der Decodiervorrichtung sind, entfernt werden und die verbleibenden Frequenz-Komponenten sodann an der Frequenzachse gespielt werden, die der halben Abtastfrequenz entspricht.

Hierdurch wird von dem optischen Sicherheitselement ein erstes Sicherheitsmerkmal, nämlich das Hologramm, und ein zweites Sicherheitsmerkmal, nämlich das versteckte Bild, bereitgestellt. Dadurch erhöht sich die Fälschungssicherheit.

US 5 999 280 beschreibt ein holographisches Verfahren zur Erhöhung der Fälschungssicherheit, bei dem in einem Hologramm ein verstecktes Muster geformt ist, das nur mittels einer speziellen Decodiereinrichtung erkennbar ist. Wenn die Decodiereinrichtung über das Hologramm bewegt wird, dann kann das versteckte Muster vom Betrachter optisch erfasst werden.

Ein derartiges Hologramm wird hierbei in einem Codier-Prozess aus einem Hintergrundbild und aus dem in dem Hologramm zu versteckenden Bild generiert. Das Hintergrundbild besteht aus einem Linienraster mit einer Vielzahl paralleler, schwarzer Streifen. In dem Codier-Prozess werden nun diejenigen Teile des zu versteckenden Bildes, die über den schwarzen Streifen des Hintergrundbildes liegen, in weiss konvertiert. Diejenigen Teile des zu versteckenden Bildes, die über dem weissen Teil des Hintergrundbildes liegen, werden in schwarz belassen. Die Umsetzung in ein Hologramm erfolgt mittels klassischer holographischer Techniken, bei denen aufgrund des zugrundeliegenden physikalischen Prinzips Einschränkungen bezüglich der erzeugbaren Gitterstrukturen bestehen.

Hier ergibt sich jedoch der Nachteil, dass sich ein derartiges Sicherheitselement durch die Verwendung holographischer Techniken nachahmen lässt.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, die Fälschungssicherheit von optischen Sicherheitselementen zu verbessern und ein System zur Visualisierung von versteckten Informationen anzugeben, das ein hohes Mass an Fälschungssicherheit gewährleistet.

Diese Aufgabe wird von einem optischen Sicherheitselement gelöst, bei dem in einem von einer X- und einer Y-Achse aufgespannten Flächenbereich einer Substratschicht eine durch Reliefparameter, insbesondere Reliefform, Relieftiefe, Spatialfrequenz und Azimutwinkel, definierte Reliefstruktur zur Erzeugung eines optischen erkennbaren Effekts abgeformt ist, bei dem ein oder mehrere der die Reliefstruktur definierenden

Reliefparameter in dem Flächenbereich gemäss einer Parameter-Variations-Funktion variiert sind, bei dem der Flächenbereich in ein oder mehrere Musterbereiche und einen Hintergrundbereich geteilt ist, und bei dem ein oder mehrere der die Reliefstruktur definierenden Reliefparameter in den ein oder mehreren Musterbereichen gemäss einer gegenüber der Parameter-Variations-Funktion des Hintergrundbereiches phasenverschobenen Parameter-Variations-Funktion variiert sind. Die Erfindung wird weiter von einem System zur Visualisierung von versteckten Informationen mit einem derartigen optischen Sicherheitselement gelöst, das weiter ein Verifikationselement mit einem durch eine periodische Transmissions-Funktion definierten Verifikationsraster aufweist, dessen Periode der Periode der Parameter-Variations-Funktion entspricht.

Durch die Erfindung werden eine Vielzahl von Vorteilen erreicht: Zum einen ist es nicht möglich, die für die Erfindung notwendigen Reliefstrukturen mittels herkömmlicher holographischer Methoden zu generieren. Dies gilt ebenso für die durch ein erfindungsgemässes optisches Sicherheitselement generierten optischen Effekte. Auch diese lassen sich nicht mittels herkömmlicher holographischer Methoden imitieren. Eine Nachbildung mittels herkömmlicher holographischer Methoden ist demnach nicht möglich. Weiter werden neuartige optische Effekte generiert, wenn ein erfindungsgemässes optisches Sicherheitselement durch ein Verifizierungselement betrachtet wird oder ein Verifizierungselement über ein erfindungsgemässes optisches Sicherheitselement bewegt wird. So ergeben sich bei der Bewegung und/oder bei der Betrachtung aus unterschiedlichen Betrachtungswinkeln markante Farb- und Helligkeitswechsel. Diese neuartigen visuellen Effekte sind der Reliefstruktur eines erfindungsgemässen optischen Sicherheitselements immanent, so dass eine Nachahmung durch andere, leichter herzustellende Reliefstrukturen nicht möglich ist. Somit wird von einem erfindungsgemässen optischen Sicherheitselement ein Sicherheitsmerkmal bereitgestellt, das sehr schwer zu kopieren oder zu imitieren ist, das andererseits jedoch von einem Benutzer einfach mittels eines zugeordneten Verifizierungselement verifiziert werden kann. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen bezeichnet.

Gemäss einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird die Reliefstruktur hierbei von einem Beugungsgitter gebildet, dessen Azimutwinkel periodisch gemäss der Parameter-Variations-Funktion in dem Flächenbereich variiert ist. Wird ein

Verifikationselement auf einen Flächenbereich mit einer derartigen Reliefstruktur aufgebracht, so sind für den Betrachter zum einen abhängig von der Ausrichtung und Orientierung des Verifikationselements und zum anderen abhängig von der Betrachtungsrichtung unterschiedliche optische Effekte beobachtbar. Beispielsweise nimmt ein Betrachter einen mit einer derartigen Reliefstruktur versehenen Flächenbereich ohne Einsatz eines Verifizierungselements aus allen Betrachtungsrichtungen als homogenen Flächenbereich war. In einer ersten Ausrichtung des Verifizierungselements erscheinen Musterbereich und Hintergrundbereich je nach Betrachtungsrichtung in unterschiedlicher Helligkeit. In einer zweiten Ausrichtung oder bei Betrachtung aus einer anderen Betrachtungsrichtung ergibt sich der komplementäre Effekt.

Durch eine derartige Reliefstruktur wird demnach ein einfach erkennbares, aber sehr schwer nachahmbares Sicherheitsmerkmal in dem Flächenbereich generiert.

Die Parameter-Variations-Funktion kann den Azimutwinkel des Beugungsgitters hierbei abhängig von dem Wert der X-Achse periodisch variieren. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Parameter-Variations-Funktion den Azimutwinkel des Beugungsgitters hierbei derart variiert, dass sich das Beugungsgitter aus einer Vielzahl von schlangenlinienförmigen Linien zusammensetzt. Durch den Einsatz derartiger Parameter-Variations-Funktionen ergeben sich bei Verdrehen des Verifizierungselements auf dem optischen Sicherheitselement interessante optische Effekte die als zusätzliches Sicherheitsmerkmal dienen können. Um derartige Effekte zu erzielen, ist es z.B. zweckmässig, als Parameter-Variations-Funktion eine Sinusfunktion einzusetzen, die den Azimutwinkel des Beugungsgitters abhängig von dem Wert der X-Achse variiert.

Noch komplexere und damit noch schwerer nachahmbare Sicherheitsmerkmale lassen sich erzielen, wenn die Parameter-Variations-Funktion den Azimutwinkel des Beugungsgitters abhängig von dem Wert der X-Achse und abhängig von dem Wert der Y-Achse periodisch variiert. Hierdurch sind weitere Vorteile in Bezug auf die Fälschungssicherheit des erfindungsgemässen optischen Sicherheitselements erzielbar.

Die Parameter-Variations-Funktion kann demnach Reliefparameter abhängig von dem Wert der X-Achse, abhängig von dem Wert der Y-Achse sowie abhängig von dem Wert der X-Achse und abhängig von dem Wert der Y-Achse variieren.

Das oben beschriebene Beugungsgitter, dessen Azimutwinkel periodisch gemäss der Parameter-Variations-Funktion variiert wird, hat zweckmässigerweise eine Spatialfrequenz von mehr als 300 Linien pro Millimeter, insbesondere 800 bis 1.200 Linien pro Millimeter, so dass klar erkennbare Helligkeitsunterschiede zu tage treten. Weiter ist es vorteilhaft, die Parameter-Variations-Funktion derart zu wählen, dass der mittlere Azimutwinkel in Bezug auf das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges im Flächenbereich konstant ist. Dadurch wird ein homogenes Erscheinungsbild im Flächenbereich erzielt, solange kein Verifizierungselement auf den Flächenbereich aufgebracht wird.

Gemäss eines weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung ist die Reliefstruktur ein Beugungsgitter, dessen Spatialfrequenz periodisch gemäss der Parameter-Variations-Funktion variiert ist. Hierdurch ist es möglich, dass der Flächenbereich unterschiedliche Farberscheinungen und Farbwechsel im Musterbereich und im Hintergrundbereich zeigt, sofern ein Verifizierungselement aufgelegt ist. Diese unterschiedlichen Farberscheinungen und Farbwechsel sind für den Betrachter leicht erkennbar und sind deshalb besonders gut als Sicherheitselement einsetzbar.

Besonders gut erkennbare Effekte lassen sich beim Einsatz einer Parameter-Variations-Funktion erzielen, bei der die Spatialfrequenz des Beugungsgitters abhängig von dem Wert der X-Achse periodisch zwischen einer Maximalfrequenz, vorzugsweise 1.200 Linien pro Millimeter, und einer Minimalfrequenz, vorzugsweise 800 Linien pro Millimeter, variiert ist. Als Parameter-Variations-Funktionen werden hierbei vorzugsweise Sägezahn-, Dreieck- oder Sinus-Funktionen eingesetzt.

Auch hier ist es natürlich möglich, Parameter-Variations-Funktionen zu verwenden, die die Spatialfrequenz nicht nur abhängig von der X-Achse, sondern auch abhängig von der Y-Achse periodisch variieren. Durch derart komplexe Reliefstrukturen lassen sich Sicherheitsmerkmale erzielen, die noch schwerer nachahmbar sind.

Weiter ist es auch hier vorteilhaft, die Parameter-Variations-Funktion derart zu Auflösungsvermögen des menschlichen Auges konstant ist, und damit der Flächenbereich ohne den Einsatz eines Verifizierungselements einen homogenen Farbeindruck für den menschlichen Betrachter ergibt.

Gemäss weiterer bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung variiert die periodische Parameter-Variations-Funktion das Profil der Reliefstruktur, variiert so beispielsweise die Profiltiefe, die Breite der Vertiefungen oder die Profilform. Durch den Einsatz derartiger Parameter-Variations-Funktionen lassen sich Sicherheitsmerkmale erzielen, die Farbänderungen oder Helligkeitsänderungen des Musterbereiches oder des Hintergrundbereiches bei Einsatz eines Verifizierungselements zeigen. Variiert die Parameter-Variations-Funktion die Profilform periodisch zwischen asymmetrischen, bevorzugt zueinander spiegelsymmetrischen Reliefformen, so zeigen sich beim Einsatz eines Verifizierungselements abhängig von der Ausrichtung des Verifizierungselements unterschiedliche, blickwinkelabhängige Effekte im Hintergrundbereich und im Musterbereich. Damit lassen sich auch durch die Variation derartiger Parameter leicht erkennbare und sehr schwer nachahmbare Sicherheitsmerkmale in dem Flächenbereich generieren. Weiter ist es auch möglich, als Reliefstruktur eine Mattstruktur zu verwenden, deren Reliefparameter, beispielsweise Streuwinkel oder bevorzugte Streurichtung (bei anisotropen Mattstrukturen) gemäss der Parameter-Variations-Funktion variiert ist. Weiter ist es auch möglich, dass die Parameter-Variations-Funktion periodisch zwischen verschiedenartigen Reliefstrukturen, beispielsweise zwischen einer Mattstruktur und einem Beugungsgitter oder einer Makrostruktur, variiert.

Gemäss eines weiteren Ausführungsbeispiels der Erfindung ist es auch möglich, dass die Reliefstruktur eine Makrostruktur mit einer Spatialfrequenz von weniger als 300 Linien pro Millimeter ist. So wird beispielsweise das Licht abhängig von der Position des Verifizierungselements im Muster- und Hintergrundbereich in unterschiedliche Richtungen reflektiert, so dass eine ohne Einsatz eines Verifizierungselements homogene Fläche beim Einsatz eines Verifizierungselements blickwinkelabhängige Helligkeitsunterschiede von Muster- und Hintergrundbereich zeigt.

Natürlich ist es auch möglich, die oben aufgezeigten Möglichkeiten der Variation von Reliefparametern durch die Parameter-Variations-Funktion miteinander zu kombinieren und so beispielsweise mittels der periodischen Parameter-Variations-Funktion sowohl den Azimutwinkel als auch die Spatialfrequenz periodisch zu variieren. So lassen sich beispielsweise farb-, helligkeits- und blickwinkelabhängige Komponenten zu besonders eindrucksvollen Sicherheitsmerkmalen kombinieren.

Bei den oben aufgezeigten Ausführungsbeispielen der Erfindung hat es sich als besonders vorteilhaft erwiesen, die Periode der Parameter-Variations-Funktion kleiner als $300\text{ }\mu\text{m}$ zu halten, sie insbesondere dem Bereich von 20 bis $200\text{ }\mu\text{m}$ zu entnehmen. Hierdurch wird sichergestellt, dass ohne den Einsatz des Verifikationselements der Musterbereich von dem Hintergrundbereich vom menschlichen Betrachter nicht unterscheidbar ist.

Weitere Vorteile ergeben sich, wenn die Parameter-Variations-Funktion eine sowohl von der X-Achse als auch von der Y-Achse abhängige Funktion ist, die in mehr als eine Richtung periodisch ist, und weiter verschiedene Musterbereiche in Bezug auf verschiedene Periodizitäten phasenverschoben sind. Hierdurch ist es möglich, Bewegungseffekte beim Verdrehen des Verifizierungselements auf dem erfindungsgemässen optischen Sicherheitselement zu erzielen.

Als Verifikationselement wird im einfachsten Fall ein einfaches Linienraster mit einer der Periodizität der Parameter-Variations-Funktion entsprechenden Periode eingesetzt. Um die Fälschungssicherheit eines erfindungsgemässen Systems zur Visualisierung von versteckten Informationen weiter zu erhöhen, ist es hier auch möglich, ein komplexeres Linienraster zu verwenden, das beispielsweise aus einer Vielzahl schlangenlinienförmiger Linien oder aus einem zweidimensionalen Zufallsmuster besteht. Hierbei ist es dann auch erforderlich, die durch die Parameter-Variations-Funktion erzeugte mittlere Variation von Reliefparametern dem Flächenmuster dieses komplexeren Linienrasters anzupassen.

Weiter Verbesserungen der Fälschungssicherheit sind dadurch erzielbar, dass anstelle eines binären Verifikationsrasters ein Verifikationsraster verwendet wird, das durch eine nicht-binäre Transmissionsfunktion, beispielsweise durch eine sinusförmige

Transmissionsfunktion, definiert ist. Die Visualisierung der versteckten Information erfordert demnach ein komplexes, individualisierbares Verifikationselement, wodurch sich die Fälschungssicherheit des Systems erhöht.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von mehreren Ausführungsbeispielen unter Zuhilfenahme der beiliegenden Zeichnungen beispielhaft erläutert.

- Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch ein erfindungsgemässes optisches Sicherheitselement.
- Fig. 2a zeigt eine Funktionsskizze mit einer ausschnittsweisen Darstellung eines Flächenbereiches eines erfindungsgemässen optischen Sicherheitselements nach Anspruch 1.
- Fig. 2b zeigt einen Flächenbereich des erfindungsgemässen optischen Sicherheitselements nach Fig. 1.
- Fig. 2c zeigt eine Darstellung zur Verdeutlichung der prinzipiellen Funktionsweise des erfindungsgemässen optischen Sicherheitselements nach Fig. 1.
- Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung eines Flächenbereiches eines erfindungsgemässen optischen Sicherheitselements für ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung.
- Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung eines Flächenbereiches eines erfindungsgemässen optischen Sicherheitselements für ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung.
- Fig. 5a bis
Fig. 5c zeigen Darstellungen möglicher Parameter-Variations-Funktionen für ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen optischen Sicherheitselements.

Fig. 5d zeigt eine Darstellung eines Flächenbereiches eines erfindungsgemässen optischen Sicherheitselements für ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 6a und Fig. 6b zeigen eine Reliefstruktur bzw. einen Flächenbereich eines erfindungsgemässen optischen Sicherheitselements für ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 7a bis Fig. 7e zeigen Flächenbereiche bzw. Reliefstrukturen eines erfindungsgemässen optischen Sicherheitselements für ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 8a bis Fig. 8e zeigen einen Flächenbereich, einen Ausschnitt einer Parameter-Variations-Funktion und mehrere Reliefformen eines optischen Sicherheitselements für ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 9a und Fig. 9b zeigen schematische Darstellungen von Reliefstrukturen eines optischen Sicherheitselements für ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 10a bis Fig. 10f zeigen schematische Darstellungen verschiedener Verifizierungselements für ein erfindungsgemässes System zur Visualisierung versteckter Informationen.

Fig. 11 zeigt eine Funktionsskizze eines erfindungsgemässen Systems zur Visualisierung von versteckten Informationen.

Fig. 1 zeigt eine Prägefolie 1, die eine Trägerfolie 11 und eine als optisches Sicherheitselement dienende Übertragungslage 12 aufweist. Die Übertragungslage 12 weist eine Ablöse- und/oder Schutzlackschicht 13, eine Replizierschicht 14, eine Reflexionsschicht 15 und eine Klebeschicht 16 auf. Die Trägerschicht 21 besteht

beispielsweise aus einer Polyesterfolie einer Dicke von 12 μm bis 50 μm . Auf die Trägerfolie ist die Ablöse- und/oder Schutzlackschicht 13 in einer Dicke von 0,3 bis 1,2 μm sowie die Replizierschicht 14 aufgebracht. Auf die Ablöse- und/oder Schutzlackschicht 13 könnte hierbei auch verzichtet werden.

Bei der Replizierschicht 14 handelt es sich vorzugsweise um ein transparentes, thermoplastisches Kunststoffmaterial, das beispielsweise mittels eines Druckverfahrens auf den von der Trägerfolie 11 und der Schutzlack- und/oder Ablöseschicht 13 gebildeten Folienkörper aufgebracht wird. Nach Trocknung wird in die Replizierschicht mittels eines Prägewerkzeuges in dem Bereich 18 eine Reliefstruktur 17 repliziert. Es ist jedoch auch möglich, dass die Replikation mittels eines UV-Replikationsverfahrens durchgeführt wird, bei dem ein UV-Replizierlack auf den von der Trägerfolie 11 und der Ablöse- und/oder Schutzlackschicht 13 gebildeten Folienkörper aufgetragen und anschliessend zur Replikation der Reliefstruktur 17 partiell mit UV-Licht bestrahlt wird. Nach der Replikation der Reliefstruktur 17 in die Replizierschicht 14 erhärtet der Replizierlack durch Vernetzen oder in sonstiger Weise.

Auf die Replizierschicht 14 wird nun eine dünne Reflexionsschicht 15 aufgebracht. Bei der Reflexionsschicht 15 handelt es sich vorzugsweise um eine dünne, aufgedampfte Metallschicht oder um eine HRI-Schicht (HRI = High Refraction Index). Als Materialien für eine HRI-Schicht kommen beispielsweise TiO_2 , ZnS oder Nb_2O_5 in Frage. Als Material für die Metallschicht kommt im wesentlichen Chrom, Aluminium, Kupfer, Eisen, Nickel, Silber, Gold oder eine Legierung mit diesen Materialien in Frage. Weiter kann Anstelle einer derartigen metallischen oder dielektrischen Reflexionsschicht eine Dünnschichtfolge mit mehreren dielektrischen oder dielektrischen und metallischen Schichten eingesetzt werden.

Auf den so gebildeten Folienkörper wird nun die Klebeschicht 16 aufgebracht, die beispielsweise aus einem thermisch aktivierbaren Kleber besteht.

Zum Aufbringen des optischen Sicherheitselements auf einem Sicherheitsdokument oder einem sonstigen zu sichernden Gegenstand wird die Prägefolie mit der Übertragungslage 12 voran auf das Sicherheitsdokument bzw. den zu sichernden

Gegenstand aufgebracht und dabei die Trägerfolie 11 von der Übertragungslage 12 abgezogen und entfernt.

Es ist natürlich auch möglich, dass ein erfindungsgemässes optisches Sicherheitselement Teil einer Transfer-, Sticker- oder Laminierfolie ist oder von einer Präge-, Sticker-, Transfer- oder Laminierfolie gebildet wird. Weiter ist es natürlich auch möglich, dass ein erfindungsgemässes optisches Sicherheitselement neben den in Fig. 1 gezeigten Schichten 13, 14, 15 und 16 weitere Schichten aufweist. Derartige Schichten können beispielsweise (farbige) Dekorschichten oder Schichten eines Dünnfilm-Schichtsystems ein, das blickwinkelabhängige Farbverschiebungen mittels Interferenz erzeugt.

Weiter ist es auch möglich, die Reflexionsschicht 15 nur partiell auszuführen oder auf sie ganz zu verzichten, so dass das optische Sicherheitselement als transparentes und nicht als reflektives optisches Sicherheitselement wirkt. Auch könnte auf die Klebeschicht 16 verzichtet werden.

Die genaue Form der Reliefstruktur 17 sowie die von der Reliefstruktur 17 erzeugten optischen Effekte werden nun im Folgenden anhand der Figuren Fig. 2a bis Fig. 2c erläutert:

Fig. 2a zeigt einen Teil-Flächenbereich 21 mit einem Musterbereich 23 und einem Hintergrundbereich 22, sowie einen Teilausschnitt eines Verifizierungselements 20 mit drei Linienrastern 26. Fig. 2b zeigt einen Flächenbereich 27 mit einem Hintergrundbereich 28 und zwei Musterbereichen 29 und 30, wobei der Teil-Flächenbereich 21 einen Ausschnitt aus dem Flächenbereich 27 zeigt.

Wie aus den Figuren Fig. 2a und Fig. 2b erkennbar, ist in dem Flächenbereich 27 bzw. in dem Teil-Flächenbereich 21 eine Reliefstruktur abgeformt, deren Azimutwinkel abhängig von dem Wert der X-Achse schlangenlinienförmig variiert ist.

Die Reliefstruktur wird vorzugsweise mit einem Elektronenstrahl-Lithographiesystem, das Perioden im Sub-Mikron Bereich bis Mikron Bereich ermöglicht, oder mittels eines photolithographischen Prozesses, der Perioden kleiner als 1 μm ermöglicht, in die

Replizierschicht 14 abgeformt. Die Spatialfrequenz der Reliefstruktur beträgt hierbei etwa 1.000 Linien pro Millimeter. Die Periode der Parameter-Variations-Funktion, die den Azimutwinkel der Reliefstruktur 17 periodisch zwischen +40 Grad und -40 Grad variiert, beträgt vorzugsweise 20 bis 300 μm . Bei der Parameter-Variations-Funktion handelt es sich um eine Sinus-Funktion. Es ist natürlich auch möglich, eine andere periodische Funktion als Parameter-Variations-Funktion zu verwenden oder andere minimale/maximale Azimutwinkel vorzusehen.

Weiter dienen die Darstellungen in Fig. 2a und Fig. 2b lediglich zur Erläuterung des Funktionsprinzips und sind nicht massstäblich ausgeführt. Üblicherweise haben die Musterbereiche 23, 30 und 29 Abmessungen, die einem Vielfachen der Periode der Parameter-Variations-Funktion entspricht und bewegen sich jedenfalls in einem Bereich, der für das menschliche Auge auflösbar ist.

Der Teilbereich 23 hat eine Breite, die der Länge einer Periode 25 der Parameter-Variations-Funktion entspricht, und so beispielsweise 100 μm breit ist. Wie in Fig. 2a und Fig. 2b erkennbar, wird der Azimutwinkel der Reliefstruktur 17 in den Hintergrundbereichen 22 und 28 und den Musterbereichen 23, 30 und 29 durch gegeneinander um 180 Grad phasenverschobene Parameter-Variations-Funktionen, die ansonsten identisch sind, variiert. Wie in Fig. 2d angedeutet, ist so die in dem Musterbereich 23 angewendete Parameter-Variations-Funktion gegenüber der im Hintergrundbereich 22 angewendeten Parameter-Variations-Funktion um eine halbe Periodenlänge 24, also um 50 μm , gegeneinander verschoben. Eine Phasenverschiebung von 180 Grad ermöglicht einen besonders großen Kontrast zwischen Musterbereich und Hintergrundbereich. Natürlich ist es hierbei auch möglich, von der Phasenverschiebung um 180 Grad etwas abzuweichen. Weiter kann es auch Vorteile mit sich bringen, in dem ein oder anderen Musterbereich erheblich von einer Phasenverschiebung von 180 Grad abzuweichen und beispielsweise eine Phasenverschiebung von 45 Grad oder 135 Grad vorzusehen. So ist es beispielsweise möglich, versteckte Graustufenbilder zu realisieren, bei denen die Graustufe mittels der Phasenverschiebung kodiert ist.

Ohne Einsatz des Verifizierungselements 20 erscheint nun dem menschlichen Betrachter der Flächenbereich 27 homogen, da der mittlere, für das menschliche Auge

auflösbare Azimutwinkel in den Musterbereichen 29 und 30 und in dem sie umgebenden Hintergrundbereich 28 konstant ist. Für den Betrachter ergibt sich dann in dem Flächenbereich 28 ein homogener, blickwinkelabhängiger optischer Effekt, der von dem von der Parameter-Variations-Funktion abgedeckten Azimutwinkelbereich sowie von der gewählten Spatialfrequenz der Reliefstruktur 17 abhängig ist.

Fig. 2c verdeutlicht nun die Situation, in der das Verifizierungselement 20 auf dem Teil-Flächenbereich 21 plaziert ist. Die Lichtquelle liegt in der Y-Z Ebene, so dass der k-Vektor des Lichts keine Y-Komponente besitzt.

Fig. 2c zeigt den Teil-Flächenbereich 21, das Linienraster 26, den Musterbereich 23 und den Hintergrundbereich 22. Weiter zeigt Fig. 2c einen optischen Eindruck 31 eines Betrachters, der die Teilfläche 21 von der linken Seite betrachtet und einen optischen Eindruck 32 eines Betrachters, der den Teil-Flächenbereich von der rechten Seite betrachtet.

Wie in Fig. 2c gezeigt, decken die Rasterlinien 26 des Verifizierungselements 20 nur die Flächenbereiche des Hintergrundbereiches 22 mit negativen Azimutwinkeln und nur Flächenbereiche des Musterbereiches 21 mit positiven Azimutwinkeln ab. Wenn der Teil-Flächenbereich 21 von einem negativen Azimutwinkel, also von links betrachtet wird, ist demnach der Hintergrundbereich 22 dunkel und der Musterbereich 23 hell. Wenn der Teilbereich 21 von der positiven Azimutwinkel-Seite, also von rechts, betrachtet wird, ist der Hintergrundbereich 22 hell und der Musterbereich 23 dunkel.

Der optische Eindruck 31 zeigt somit eine Abdeckung 312 durch die Rasterlinie 26, dunkle Bereiche 311 und 314 im Bereich des Hintergrundbereichs 22 und einen hellen Bereich 313 im Bereich des Musterbereichs 23. Im Gegenzug zeigt der optische Eindruck 32 eine Abdeckung 322 durch die Rasterlinie 26 und helle Bereiche 321 und 324 im Bereich des Hintergrundbereichs 22 und einen dunklen Bereich 323 im Bereich des Musterbereichs 23.

Bei einer realen Betrachtung verschwinden die Abdeckungen 312 und 322, da sich die Periode der Parameter-Variations-Funktion in einer Größenordnung bewegt, die vom menschlichen Auge nicht mehr auflösbar ist. Demnach ergeben sich für den Betrachter

von der linken Seite helle Musterbereiche und dunkle Hintergrundbereiche und für den Betrachter von der rechten Seite dunkle Musterbereiche und ein heller Hintergrundbereich. Wird das Verifizierungselement 20 um eine halbe Periode der Parameter-Variations-Funktion verschoben, so ergibt sich der gegenteilige Eindruck, also ein heller Hintergrundbereich und dunkle Musterbereiche bei der Betrachtung von der linken Seite und ein dunkler Hintergrundbereich und helle Musterbereiche bei der Betrachtung von der rechten Seite. Wird das optische Sicherheitselement demnach durch das Verifizierungselement 20 betrachtet, wird eine dynamische Kontrolle des Helligkeits-Kontrastes realisiert.

Fig. 3 und Fig. 4 zeigen nun zwei weitere Ausführungsbeispiele der Erfindung, bei denen der Azimutwinkel der Reliefstruktur 17 durch eine periodische Parameter-Variations-Funktion variiert wird.

Fig. 3 zeigt einen Flächenbereich 33 mit einem Hintergrundbereich 34 und einem Musterbereich 35 sowie einen Teilbereich des Verifizierungselements 20 mit mehreren Rasterlinien 26.

Die Periode der Parameter-Variations-Funktion nach Fig. 3 beträgt $50\text{ }\mu\text{m}$, so dass der Linienabstand der Rasterlinien 26 hier auch $50\text{ }\mu\text{m}$ beträgt. Wie in Fig. 3 gezeigt, wird der Hintergrundbereich 34 von sechs Teilbereichen 341 bis 346 gebildet. Die Teilbereiche 341 bis 346 haben jeweils die Breite einer Periode der Parameter-Variations-Funktion, bei der es sich um eine periodisch aus parabolischen Teilstücken zusammengesetzte Funktion handelt. Der Musterbereich 35 wird von zwei Teilflächen 351 und 352 gebildet, die jeweils ebenfalls die Breite einer Periode der Parameter-Variations-Funktion besitzen.

Wie bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 2a und Fig. 2b, werden von den Rasterlinien 26 entweder die negativen Azimutwinkel-Bereiche des Hintergrundbereiches 34 und die positiven Azimutwinkel-Bereiche des Musterbereiches 35 oder die positiven Azimutwinkel-Bereiche des Hintergrundbereiches 34 und die negativen Azimutwinkel-Bereiche des Musterbereiches 35 abgedeckt. Damit ergibt sich der anhand von Fig. 2c erläuterte Effekt, wobei im Vergleich zu dem Flächenbereich 27

aufgrund der sich unterscheidenden Parameter-Variations-Funktion das Erscheinungsbild aus verschiedenen Betrachtungsrichtungen etwas unterschiedlich ist.

Fig. 4 zeigt einen Flächenbereich 4, der sich aus mehreren Teilbereichen 40 bis 49 zusammensetzt. Die Flächenbereiche 40 bis 49 werden jeweils von identischen Beugungsstrukturen gebildet, die jeweils eine Vielzahl von kreisförmig um das Zentrum der jeweiligen Teilfläche angeordneten konzentrischen Ringe aufweisen. Die Breite und Höhe einer Teilfläche beträgt etwa $100\text{ }\mu\text{m}$, die Spatialfrequenz der Beugungsstruktur etwa 1.000 Linien pro Millimeter.

Damit zeigt Fig. 4 ein Beispiel einer periodischen Parameter-Variations-Funktion, bei der der Azimutwinkel der Beugungsstruktur 17 abhängig von dem Wert der X- und Y-Achse periodisch variiert ist. Diese Funktion zeigt damit eine Periodizität sowohl in die X- als auch in die Y-Achse, so dass versteckte Informationen bei unterschiedlicher Orientierung des Verifizierungselements 20 auslesbar sind. Musterbereiche werden nun in dem Flächenbereich 4 nach der in Fig. 3 gezeigten Art plazierte, so dass die Teilflächen 41 bis 46 von identischen, aber phasenverschobenen Teilflächen überdeckt werden. Hierbei ist eine Phasenverschiebung der Teilflächen eines möglichen Musterbereiches sowohl in X- als auch in Y-Richtung möglich, je nach Wahl dieser Phasenverschiebung ist der Musterbereich dann bei Ausrichtung des Gitters in Y-Richtung bzw. in X-Richtung auslesbar.

Im Folgenden wird anhand der Figuren Fig. 5a bis Fig. 5d ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung erläutert, bei dem die Reliefstruktur ein Beugungsgitter ist, dessen Spatialfrequenz periodisch gemäss der Parameter-Variations-Funktion variiert ist.

Fig. 5a bis Fig. 5c zeigen drei verschiedene Parameter-Variations-Funktionen 53, 54 und 55, die eine Spatialfrequenz 52 abhängig von einem Wert 51 der X-Achse des Flächenbereiches variieren. Der k-Vektor der in den Figuren 5a bis 5c beschriebenen Reliefstrukturen ist in Richtung der Y-Achse orientiert, so dass die Rillen der Reliefstruktur parallel zur X-Achse orientiert sind. Die Rasterlinien 58 sind ebenfalls parallel zur X-Achse orientiert.

Die Parameter-Variations-Funktion 53 ist eine sägezahnförmige Funktion, die die Spatialfrequenz im Bereich von 800 Linien pro Millimeter bis 1.200 Linien pro Millimeter sägezahnförmig variiert. Die Periode der Parameter-Variations-Funktion beträgt 50 μm . Bei den Minima der Parameter-Variations-Funktion 53, also bei einem Wert von 800 Linien pro Millimeter, ergibt sich ein roter Farbeindruck, der sich dann zum nächsten Maxima bei 1.200 Linien pro Millimeter linear in einen blauen Farbeindruck wandelt. Innerhalb einer Periode ändert sich demnach der Farbeindruck von rot nach blau. Die Farbeindrücke beziehen sich hierbei auf eine typische Beleuchtungs/Betrachtungswinkelkombination.

Die Parameter-Variations-Funktion 54 ist eine Dreieck-Funktion mit einer Periode von 100 μm , die die Spatialfrequenz des Beugungsgitters von einem Minimalwert von 800 Linien pro Millimeter zu einem Maximalwert von 1.200 Linien pro Millimeter und zurück variiert. Damit ändert sich innerhalb einer Periode der Farbeindruck von rot zu blau und wieder zurück von blau nach rot.

Die Parameter-Variations-Funktion 55 ist eine Sinus-Funktion mit einer Periode von 100 μm , die die Spatialfrequenz des Beugungsgitters abhängig vom Wert der X-Achse von einem Minimalwert von 800 Linien pro Millimeter in einen Maximalwert von 1.200 Linien pro Millimeter und zurück variiert. Damit ergibt sich innerhalb einer Periode ein Farbeindruck von rot nach blau und zurück nach rot.

Da die Periode der Parameter-Variations-Funktionen 53 bis 55 unterhalb des Auflösungsvermögens des menschlichen Auges liegen, ergibt sich für den Betrachter innerhalb des Flächenbereiches ein einheitlicher Farbeindruck, der sich aus der Mischung des durch die Parameter-Variations-Funktion bestimmten Farbspektrums ergibt. Wird nun ein Verifizierungselement 57 mit den Rasterlinien 58, die einen der Periode der Parameter-Variations-Funktion entsprechenden Linienabstand 56 besitzen, auf dieses Beugungsgitter aufgebracht, so wird jeweils von den Rasterlinien 58 ein bestimmter Teil des Farbspektrums abgedeckt, so dass sich der Farbeindruck bei Bewegung des Verifizierungselements über das Beugungsgitter ändert.

Fig. 5d zeigt nun einen Flächenbereich 50 mit einem Hintergrundbereich 501 und einem Musterbereich 502. In dem Hintergrundbereich 501 ist die Spatialfrequenz der

Reliefstruktur gemäss der Parameter-Variations-Funktion 54 variiert. In dem Musterbereich 502 ist die Spatialfrequenz der Reliefstruktur mit einer um eine halbe Periode, also um $50\text{ }\mu\text{m}$, phasenverschobene Parameter-Variations-Funktion 54 variiert. Wird nun das Verifikationselement 57 mit dem Linienraster-Abstand 56 über den Flächenbereich 50 bewegt, so werden in dem Hintergrundbereich 501 und dem Musterbereich 502 jeweils unterschiedliche Farbbereiche abgedeckt, so dass der Musterbereich 502 für den menschlichen Betrachter einen anderen Farbeindruck als der Hintergrundbereich 501 vermittelt. Wird so das Verifikationselement 57 über den Musterbereich 50 bewegt, so ergibt sich beispielsweise zuerst der Eindruck eines blauen Musterbereiches und eines roten Hintergrundbereiches, der dann mit Bewegung des Verifikationselements stetig in einen roten Musterbereich vor einem blauen Hintergrundbereich übergeht.

Wie bereits oben in Bezug auf die Fig. 2b ausgeführt, dient Fig. 5d lediglich zur Erläuterung des Funktionsprinzips. Üblicherweise haben Musterbereiche eine Ausdehnung, die eine Vielzahl von Perioden der Parameter-Variations-Funktion umfasst und in einer Grössenordnung liegt, die für das menschliche Auge auflösbar ist.

Durch die Parameter-Variations-Funktion wird demnach zum einen der homogene Farbeindruck bestimmt, der sich in dem Fall ergibt, in dem kein Verifikationselement auf dem Flächenbereich 50 aufgelegt ist. Weiter wird durch die Parameter-Variations-Funktion bestimmt, wie sich die Farbe beim Verschieben des Verifikationselement über den Flächenbereich 50 ändert (z.B. abrupte Farbänderungen bei Verwendung der Parameter-Variations-Funktion 53), was als zusätzliches Sicherheitsmerkmal dient.

Anhand von Fig. 6a und Fig. 6b wird nun ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung erläutert, bei dem die Reliefstruktur ein Beugungsgitter ist, dessen Profiltiefe periodisch gemäss der Parameter-Variations-Funktion variiert ist.

Fig. 6a zeigt eine Reliefstruktur 61, deren Profiltiefe bei konstanter Spatialfrequenz durch eine periodische Parameter-Variations-Funktion mit einer Periode 63 variiert ist.

Bei der Reliefstruktur 61 handelt es sich bevorzugt um eine Beugungsstruktur erster Ordnung (Spatialfrequenzbereich bewegt sich im Bereich der Wellenlänge) oder eine

Beugungsstruktur nullter Ordnung (Linienabstand ist kleiner als die Wellenlänge des Lichtes). Die Profiltiefe wird durch die periodische Parameter-Variations-Funktion im Vergleich zu der Spatialfrequenz des Beugungsgitters langsamer abhängig von dem Wert der X-Achse oder abhängig von dem Wert der X- und Y-Achse verändert. Die Periode der Parameter-Variations-Funktion beträgt zwischen $10\text{ }\mu\text{m}$ und $100\text{ }\mu\text{m}$ und hat bevorzugt einen Wert um $100\text{ }\mu\text{m}$.

Die Reliefstruktur 61 nach Fig. 6a hat so beispielsweise eine Spatialfrequenz von 1.000 Linien pro Millimeter, der Linienabstand 62 beträgt so $1\text{ }\mu\text{m}$. Die Periode 63 beträgt $100\text{ }\mu\text{m}$ und die Profiltiefe wird periodisch abhängig vom Wert einer Y-Achse 69 zwischen 0 nm und beispielsweise 150 nm variiert.

In Fig. 6b ist nun ein von einer X-Achse 68 und der Y-Achse 69 aufgespannter Flächenbereich 65 mit einem Hintergrundbereich 66 und einem Musterbereich 67 dargestellt, in dem die Reliefstruktur 61 wie in Fig. 6a dargestellt periodisch in Richtung der Y-Achse variiert ist. Wie in Fig. 6b gezeigt, ist in dem Musterbereich 67 die Parameter-Variations-Funktion um eine halbe Periode, also um $50\text{ }\mu\text{m}$, gegenüber der Parameter-Variations-Funktion des Hintergrundbereiches 66 verschoben.

Wird nun der Flächenbereich 65 durch ein Verifizierungselement mit einem Linienraster von $100\text{ }\mu\text{m}$ betrachtet, so werden in dem Hintergrundbereich 66 und dem Musterbereich 67 Bereiche mit unterschiedlichen Profiltiefen abgedeckt, so dass der Musterbereich 67 nicht mehr homogen erscheint. Beim Auflegen des Verifizierungselements ergibt sich somit ein Helligkeitskontrast zwischen Musterbereich und Hintergrundbereich, der sich bei Verschieben des Verifizierungselements ändert. Werden so von dem Linienraster die Bereiche des Hintergrundbereiches um 150 nm Profiltiefe abgedeckt, so erscheint der Hintergrundbereich dunkler, da der im Hintergrundbereich erzeugte optische Effekt durch Profiltiefen um die 0 nm bestimmt wird. Umgekehrt erscheint in dieser Position des Verifizierungselements der Musterbereich heller. Beim Verschieben des Verifizierungselements ändert sich dieser Effekt dann langsam in das Gegenteil, so dass der Hintergrundbereich heller und der Musterbereich dunkler erscheint.

Anhand der Fig. 7a bis Fig. 7e wird nun ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung erläutert, bei dem die Reliefform der Reliefstruktur periodisch gemäss der Parameter-Variations-Funktion variiert ist.

Fig. 7a zeigt einen Flächenbereich 7 mit einem Musterbereich 74 und einem Hintergrundbereich 73. Der Flächenbereich 7 weist weiter in Richtung der X-Achse eine periodische Abfolge von Teilbereichen 71 und 72 auf, wobei in Teilbereichen 71 im Hintergrundbereich eine Reliefform 76 und im Musterbereich eine Reliefform 75 sowie in Teilbereichen 72 im Hintergrundbereich die Reliefform 75 und im Musterbereich die Reliefform 76 abgeformt ist.

Die Breite der Teilbereiche 71 und 72 beträgt weniger als 300 μm , so dass die Teilbereiche 71 und 72 nicht vom menschlichen Auge auflösbar sind. Die Reliefformen 75 und 76 stellen asymmetrische, zueinander gespiegelte Strukturen dar, so dass die Profilform 76 auch als Reliefstruktur 75 betrachtet werden kann, bei der der Azimutwinkel um 180 Grad gegenüber der Reliefform 75 gedreht ist. Typische Spatialfrequenzen der Profilformen 75 und 76 liegen im Bereich von 1.200 Linien pro Millimeter bis 150 Linien pro Millimeter.

Die Breite der Teilbereiche 71 und 72 beträgt so beispielsweise jeweils 50 μm , so dass die Periode der Parameter-Variations-Funktion des Flächenbereichs 7 100 μm beträgt. Die Spatialfrequenz der Profilformen 75 und 76 beträgt beispielsweise 1.150 Linien pro Millimeter.

Wird nun der Flächenbereich 7 ohne Verwendung eines Verifikationselementes betrachtet, ergibt sich im Flächenbereich 7 für den menschlichen Betrachter ein homogener Eindruck, der dem eines sinusförmigen Beugungsgitters mit einer Spatialfrequenz der Profilformen 75 und 76, also von 1.150 Linien pro Millimeter, entspricht.

Wenn ein Verifizierungselement mit einer Periode, die der Periode der Parameter-Variations-Funktion entspricht oder nahezu entspricht, auf den Flächenbereich 7 aufgelegt wird, wird der Musterbereich 74 sichtbar. Je nachdem, ob die Rasterlinien die Profilformen 75 oder 76 des Musterbereiches 74 abdecken, ergibt sich für den

Betrachter ein dunkler Musterbereich vor einem hellen Hintergrundbereich bzw. ein heller Musterbereich vor einem dunklen Hintergrundbereich. Wird der Flächenbereich um 180 Grad gedreht, ergibt sich für den Betrachter der komplementäre Eindruck.

So ergibt sich beispielsweise bei Abdeckung der Teilbereiche 71 durch Rasterlinien 77 im Flächenbereich 7 der in Fig. 7d dargestellte Effekt, dass der Musterbereich 74 dunkel und der Hintergrundbereich 73 hell erscheint. Wird der Flächenbereich 7 um 180 Grad gedreht, so ergibt sich die in Fig. 7e gezeigte Situation eines hellen Musterbereiches 74 vor einem dunklen Hintergrundbereich 73. Da die Periode der Parameter-Variations-Funktion geringer als das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges ist, sind die Rasterlinien 77 für den Betrachter nicht sichtbar, so dass bei der Betrachtung des Flächenbereiches in der Situation nach Fig. 7d für den Betrachter der dunkle Flächenbereich 74 vor dem hellen Hintergrundbereich 73 und in der Situation nach Fig. 7e der helle Musterbereich 74 vor dem dunklen Hintergrundbereich 73 sichtbar ist. Dieser zusätzliche Kipp-Effekt bei Betrachtung aus um 180° gegeneinander gedrehten Richtungen bildet ein zusätzliches Sicherheitsmerkmal.

Natürlich ist es auch möglich, dass die Parameter-Variations-Funktion in den Teilbereichen 71 und 72 zwischen beliebigen anderen asymmetrischen Profilformen variiert ist. Weiter ist es auch möglich, dass die Parameter-Variations-Funktion keine binäre Funktion ist, die zwischen zwei unterschiedlichen Profilformen unterscheidet, sondern dass beispielsweise der Neigungswinkel der Profilform 75 linear gemäss einer Sinus-Funktion variiert ist. Auch hierdurch ergeben sich zusätzliche Sicherheitsmerkmale, die zur Erhöhung der Fälschungssicherheit beitragen.

Weiter ist auch allgemein die Verwendung von Parameter-Variations-Funktionen möglich, bei denen sich die Reliefform periodisch ändert. Das Reliefprofil kann so beispielsweise durch eine Funktion

$$f_3(x) = f_1(x) + f_2(x)$$

dargestellt werden, bei der

$$f_1(x) = b \sin \left(\frac{2\pi x}{d} \right)$$

$$f_2(x) = \frac{b}{2} \sin \left(\frac{2\pi x}{d/2} + \beta(x) \right)$$

So ist es weiter auch möglich, dass die Parameter-Variations-Funktion die Reliefform der Reliefstruktur periodisch gemäss der Parameter-Variations-Funktion variiert, indem sie die Breite der Täler der Reliefstruktur periodisch gemäss der Parameter-Variations-Funktion variiert.

Dies wird nun beispielhaft anhand der Figuren Fig. 8a bis Fig. 8e verdeutlicht.

In einem einer Periode der Parameter-Variations-Funktion entsprechenden Bereich 8 wird die Breite der Täler der Reliefstruktur bei konstanter Spatialfrequenz linear verkleinert. Wie in Fig. 8b dargestellt, wird so eine Breite 82 der Täler der Reliefstruktur entlang einer X-Achse 81 gemäss einer Funktion 83 variiert. Die Parameter-Variations-Funktion ist beispielsweise eine sägezahnförmige Funktion, die die Breite einer rechteckförmigen Reliefstruktur mit einem Linienabstand von 300 nm zwischen 230 und 70 nm variiert. Damit ergibt sich in einem Bereich a des Flächenbereiches 8 eine Profilform 84 (Fig. 8c), in einem Bereich b des Flächenbereiches 8 eine Profilform 85 (Fig. 8d) und in einem Bereich c des Flächenbereiches 8 eine Profilform 86 (Fig. 8e), wobei die Profilformen 84, 85 und 86 einen Linienabstand 87 von 300 nm besitzen.

Gemäss der gewählten Spatialfrequenz werden in den Bereichen a, b und c optische Effekte unterschiedlicher Farbe und Helligkeit erzeugt, so dass sich bei Phasenverschiebung von Muster- und Hintergrundbereich die bereits oben angeführten optischen Überlagerungseffekte bei Verwendung eines Verifikationselements / ohne Verwendung eines Verifikationselements ergeben.

Die Periode der Parameter-Variations-Funktion liegt hier vorzugsweise ebenfalls in dem Bereich von 40 bis 300 µm.

Gemäss eines weiteren Ausführungsbeispiels der Erfindung ist es auch möglich, als Reliefstruktur eine Makrostruktur von mehr als 300 Linien pro Millimeter zu verwenden. Typische Perioden einer derartigen Makrostruktur betragen 10 μm . Makrostrukturen wirken so im wesentlichen durch Reflexion und nicht durch Beugung. Zwei derartige Makrostrukturen sind in den Figuren Fig. 9a und Fig. 9b gezeigt, wobei die Figur Fig. 9a eine Makrostruktur 91 mit einer Periode 93 und Figur Fig. 9b eine Makrostruktur 92 mit der Periode 93 beschreibt. Die Periode 93 beträgt beispielsweise 100 μm . Werden nun die Makrostrukturen 91 und 92 durch ein Verifikationselement mit einem der Periode 93 entsprechenden Linienabstand betrachtet, so sind je nach Lage des Verifikationselements unterschiedliche Bereiche der Makrostrukturen 91 und 92 sichtbar. In den Musterbereichen ist die Makrostruktur 91 nun gegenüber der Makrostruktur in dem Hintergrundbereich phasenverschoben, so dass im Hintergrundbereich und im Musterbereich bei Verwendung des Verifikationselements jeweils unterschiedliche Bereiche der Makrostrukturen 91 und 92 sichtbar sind. Wenn das Verifikationselement nicht aufgelegt ist, erscheint der gesamte Flächenbereich homogen. Bei Auflage des Verifikationselements ergibt sich ein Helligkeitskontrast zwischen dem Musterbereich und dem Hintergrundbereich.

Die Ausführungsbeispiele nach den Figuren Fig. 1 bis Fig. 9d sind jeweils anhand der Verwendung eines linearen Linienrasters als Codierungsschema/Verifikationselement erläutert. Wie bereits oben ausgeführt, ist es jedoch auch möglich, neben einem linearen Linienraster auch weitere, insbesondere auch zweidimensionale Raster zu verwenden. Fig. 10a zeigt so ein lineares Linienraster 101 und die Figuren Fig. 10b bis Fig. 10f weitere Linienraster 102 bis 106, die ebenfalls bei den Ausführungsbeispielen nach den Figuren Fig. 1 bis Fig. 9b Verwendung finden können.

Weiter ist es auch möglich, in einem Flächenbereich Musterbereiche vorzusehen, die bei unterschiedlichen Rastern sichtbar werden. So ist in Fig. 11 ein Flächenbereich 110 gezeigt, bei dem verschiedene Musterbereiche 113 vorgesehen sind, die jeweils bei einem bestimmten Neigungswinkel eines Verifikationselements 11 sichtbar werden. Wird nun das Verifikationselement 11 auf dem Flächenbereich 112 gedreht, so ergibt sich der Effekt eines sich bewegenden Bildes. Wird der Flächenbereich 112 ohne Verifikationselement 111 betrachtet, so ergibt sich der Eindruck eines homogenen

Flächenbereichs 110. Derartige Musterbereiche 113 sind mit den Ausführungsbeispielen nach den Figuren Fig. 1 bis Fig. 9b realisierbar, wobei es natürlich auch möglich ist, unterschiedliche Ausführungsbeispiele miteinander zu kombinieren, um hier noch zusätzliche Farberscheinungen und betrachtungswinkelabhängige Sicherheitsmerkmale zu erzielen.

Weiter ist es möglich, ein Verifikationselement zu verwenden, dessen Raster nicht mit dem der Parameter-Variations-Funktion übereinstimmt. So kann das Verifikationselement beispielsweise eine Periode besitzen, die der zwei- oder mehrfachen Periode der Parameter-Variations-Funktion entspricht. Weiter kann das Verifikationselement auch ein hyperbolisches Muster einer der Periode der Parameter-Variations-Funktion entsprechenden Periode ausformen.

Die oben beschriebenen Sicherheitsmerkmale können als allein stehende Sicherheitsmerkmale eingesetzt werden. Es ist jedoch auch möglich, diese Sicherheitsmerkmale mit weiteren Sicherheitsmerkmalen innerhalb eines Sicherheitsprodukts zu kombinieren. Sie können so Teil eines OVDs (Optical Variable Device), beispielsweise Kinegram® oder Truststseal® sein und so beispielsweise den Hintergrund eines Kinegram® bilden. Weiter ist es möglich, dass die oben beschriebenen Sicherheitsmerkmale mosaikartig in einem OVD angeordnet werden.

Patentansprüche -:

1. Optisches Sicherheitselement (1) mit einer Substratschicht (14), wobei in einem von einer X- und einer Y-Achse aufgespannten Flächenbereich (21, 27, 33, 4, 50, 7, 65) der Substratschicht eine durch Reliefparameter, insbesondere Reliefform, Relieftiefe, Spatialfrequenz und Azimutwinkel, definierte Reliefstruktur (17) zur Erzeugung eines optisch erkennbaren Effektes abgeformt ist,
dadurch gekennzeichnet ,
dass ein oder mehrere der die Reliefstruktur definierenden Reliefparameter in dem Flächenbereiche (21, 27, 33, 4, 50, 7, 65) gemäss einer Parameter-Variations-Funktion (54, 54, 55) variiert sind, dass der Flächenbereiche (21, 27, 33, 4, 50, 7, 65) in ein oder mehrere Musterbereiche (23, 30, 29, 35, 502, 74, 67) und einen Hintergrundbereich (22, 28, 34, 501, 73, 66) geteilt ist und dass ein oder mehrere der die Reliefstruktur (17) definierenden Reliefparameter in den ein oder mehreren Musterbereichen (23, 29, 30, 35, 502, 74, 67) gemäss einer gegenüber der Parameter-Variations-Funktion des Hintergrundbereiches (22, 28, 34, 501, 73, 66) phasenverschobenen Parameter-Variations-Funktion variiert sind.
2. Optisches Sicherheitselement nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet ,
dass die Parameter-Variations-Funktion (54, 54, 55) eine periodische Parameter-Variations-Funktion (54, 54, 55) ist und ein oder mehrere der die Reliefstruktur definierenden Reliefparameter in dem Flächenbereiche (21, 27, 33, 4, 50, 7, 65) periodisch gemäss der periodischen Parameter-Variations-Funktion (54, 54, 55) variiert sind.
3. Optisches Sicherheitselement nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet ,
dass die Periode (25, 56, 63, 93) der Parameter-Variations-Funktion (53, 54, 55)

kleiner als 300 μm ist, insbesondere dem Bereich von 20 bis 200 μm entnommen ist.

4. Optisches Sicherheitselement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasenverschiebung der Parameter-Variations-Funktion zwischen Musterbereich und Hintergrundbereich etwa 180 Grad beträgt.
5. Optisches Sicherheitselement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasenverschiebung der Parameter-Variations-Funktion zwischen Musterbereich und Hintergrundbereich gemäß des einzustellenden Kontrastes gewählt ist.
6. Optisches Sicherheitselement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Reliefstruktur ein Beugungsgitter ist, dessen Azimutwinkel periodisch gemäß der Parameter-Variations-Funktion variiert ist.
7. Optisches Sicherheitselement nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der mittlere Azimutwinkel in Bezug auf das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges konstant ist.
8. Optisches Sicherheitselement nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Parameter-Variations-Funktion den Azimutwinkel des Beugungsgitters (28, 33) abhängig von dem Wert der X-Achse periodisch variiert.
9. Optisches Sicherheitselement nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Parameter-Variations-Funktion den Azimutwinkel des Beugungsgitters (28) derart variiert, dass sich das Beugungsgitter aus einer Vielzahl von schlangenlinienförmigen Linien zusammensetzt.

10. Optisches Sicherheitselement nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Parameter-Variations-Funktion eine Sinusfunktion ist, die den Azimutwinkel des Beugungsgitters (28) abhängig von dem Wert der X-Achse variiert.
11. Optisches Sicherheitselement nach einem der Ansprüche 6 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Parameter-Variations-Funktion den Azimutwinkel des Beugungsgitters (4) abhängig von dem Wert der X-Achse und dem Wert der Y-Achse periodisch variiert.
12. Optisches Sicherheitselement nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Parameter-Variations-Funktion den Azimutwinkel des Beugungsgitters derartig variiert, dass das Beugungsgitter (4) sich aus einer Vielzahl von in konzentrischen Kreisen angeordneten Linien zusammensetzt.
13. Optisches Sicherheitselement nach einem der Ansprüche 6 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Beugungsgitter eine Spatialfrequenz von mehr als 300 Linien pro mm hat, insbesondere eine Spatialfrequenz von 800 bis 1.200 Linien pro mm hat.
14. Optisches Sicherheitselement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Reliefstruktur (17) ein Beugungsgitter (50) ist, dessen Spatialfrequenz periodisch gemäss der Parameter-Variations-Funktion (53, 54, 55) variiert ist.
15. Optisches Sicherheitselement nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass die mittlere Spatialfrequenz in Bezug auf das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges konstant ist.
16. Optisches Sicherheitselement nach Anspruch 14 oder 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Parameter-Variations-Funktion (53, 54, 55) die Spatialfrequenz des

Beugungsgitters (50) abhängig von dem Wert der X-Achse periodisch zwischen einer Maximalfrequenz, vorzugsweise 1.200 Linien pro mm, und einer Minimalfrequenz, vorzugsweise 800 Linien pro mm, variiert.

17. Optisches Sicherheitselement nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Parameter-Variations-Funktion eine Sägezahn-Funktion (53), eine Dreieck-Funktion (54) oder eine Sinus-Funktion (55) ist.
18. Optisches Sicherheitselement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Reliefstruktur (17) ein Beugungsgitter (61) ist, dessen Profiltiefe periodisch gemäss der Parameter-Variations-Funktion variiert ist.
19. Optisches Sicherheitselement nach Anspruch 18,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Parameter-Variations-Funktion die Profiltiefes des Beugungsgitters (61) abhängig von dem Wert der X-Achse periodisch zwischen einer Maximaltiefe, vorzugsweise 300 nm, und einer Minimaltiefe, vorzugsweise 50 nm, variiert.
20. Optisches Sicherheitselement nach einem der Ansprüche 18 oder 19,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Parameter-Variations-Funktion eine Dreiecks-, Rechtecks- oder Sinus-Funktion ist.
21. Optisches Sicherheitselement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Reliefform (75, 76) periodisch gemäss der Parameter-Variations-Funktion variiert ist.
22. Optisches Sicherheitselement nach Anspruch 21,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Reliefform periodisch zwischen zwei asymmetrischen, zueinander

spiegelsymmetrischen Reliefformen (75, 76) variiert ist.

23. Optisches Sicherheitselement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite der Täler der Reliefstruktur periodisch gemäss der Parameter-Variations-Funktion variiert ist.
24. Optisches Sicherheitselement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Reliefstruktur eine Makrostruktur mit einer Spatialfrequenz von weniger als 300 Linien pro Millimeter ist.
25. Optisches Sicherheitselement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der mittlere Azimutwinkel der Reliefstruktur (17) jeweils dem Azimutwinkel eines zugeordneten Verifikations-Rasters (101 bis 106) entspricht.
26. Optisches Sicherheitselement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasenverschiebung zwischen Hintergrundbereich und Musterbereich von einer weiteren Funktionsänderung begleitet ist.
27. System zur Visualisierung von versteckten Informationen mit einem optischen Sicherheitselement (1), das eine Substratschicht (14) aufweist, in die in einem von einer X- und einer Y-Achse aufgespannten Flächenbereich (21, 27, 33, 4, 50, 7, 65) der Substratschicht (14) eine durch Reliefparameter, insbesondere Reliefform, Relieftiefe, Spatialfrequenz und Azimutwinkel, definierte Reliefstruktur (17) zur Erzeugung eines optisch erkennbaren Effekts abgeformt ist, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere der die Reliefstruktur definierenden Reliefparameter in dem Flächenbereich (21, 27, 33, 4, 50, 7, 65) periodisch gemäss einer periodischen Parameter-Variations-Funktion variiert sind, dass der Flächenbereich in ein oder mehrere Musterbereiche (23, 30, 29, 35, 502, 74, 67) und einen Hintergrundbereich (22, 28, 34, 501, 73, 66) geteilt ist, dass ein oder mehrere der die Reliefstruktur

definierenden Reliefparameter in den ein oder mehreren Musterbereichen gemäss einer gegenüber der Parameter-Variations-Funktion des Hintergrundbereiches phasenverschobenen Parameter-Variations-Funktion variiert sind und dass das System weiter ein Verifikationselement (20, 57, 101) aufweist, das ein durch eine periodische Transmissions-Funktion definiertes Verifikations-Raster besitzt, dessen Periode der Periode der Parameter-Variations-Funktion entspricht.

28. System nach Anspruch 27,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Transmissions-Funktion eine nicht binäre Transmissions-Funktion,
insbesondere eine Sinus-Funktion ist.

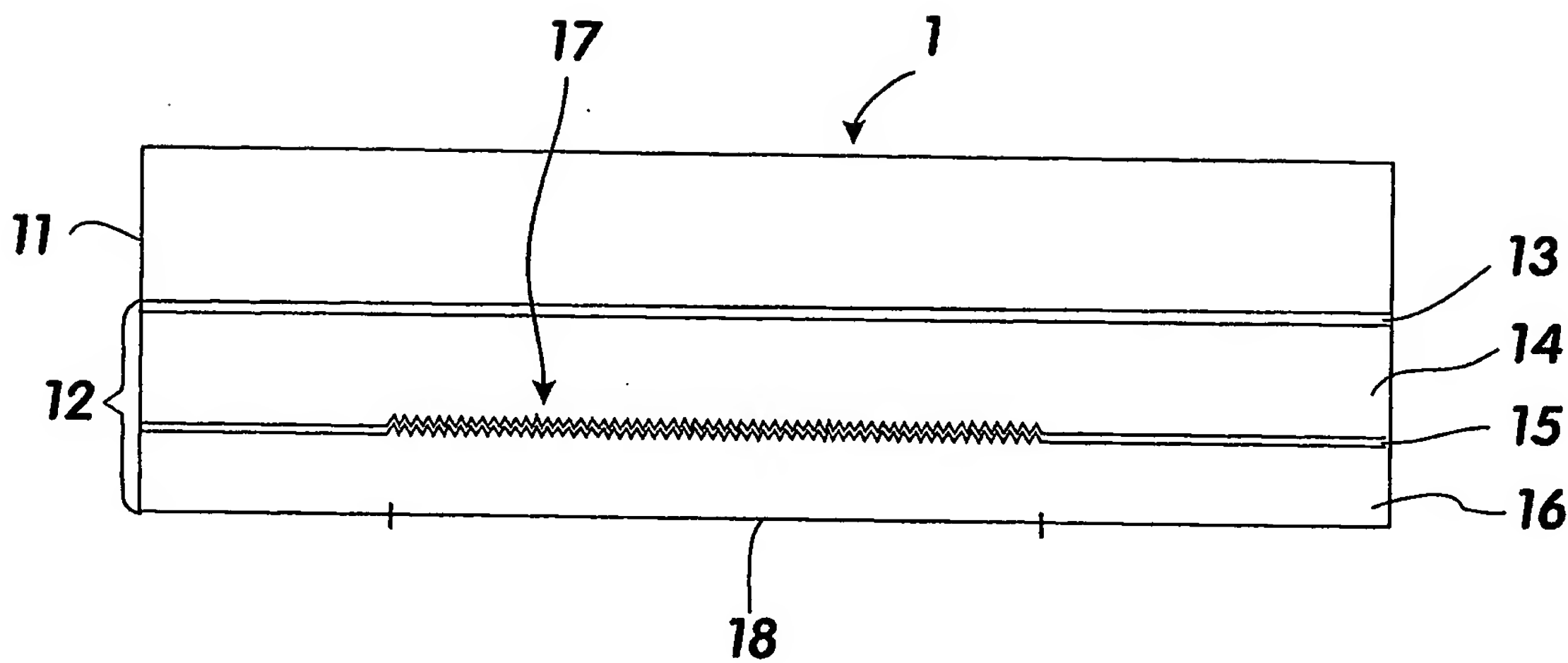


FIG. 1

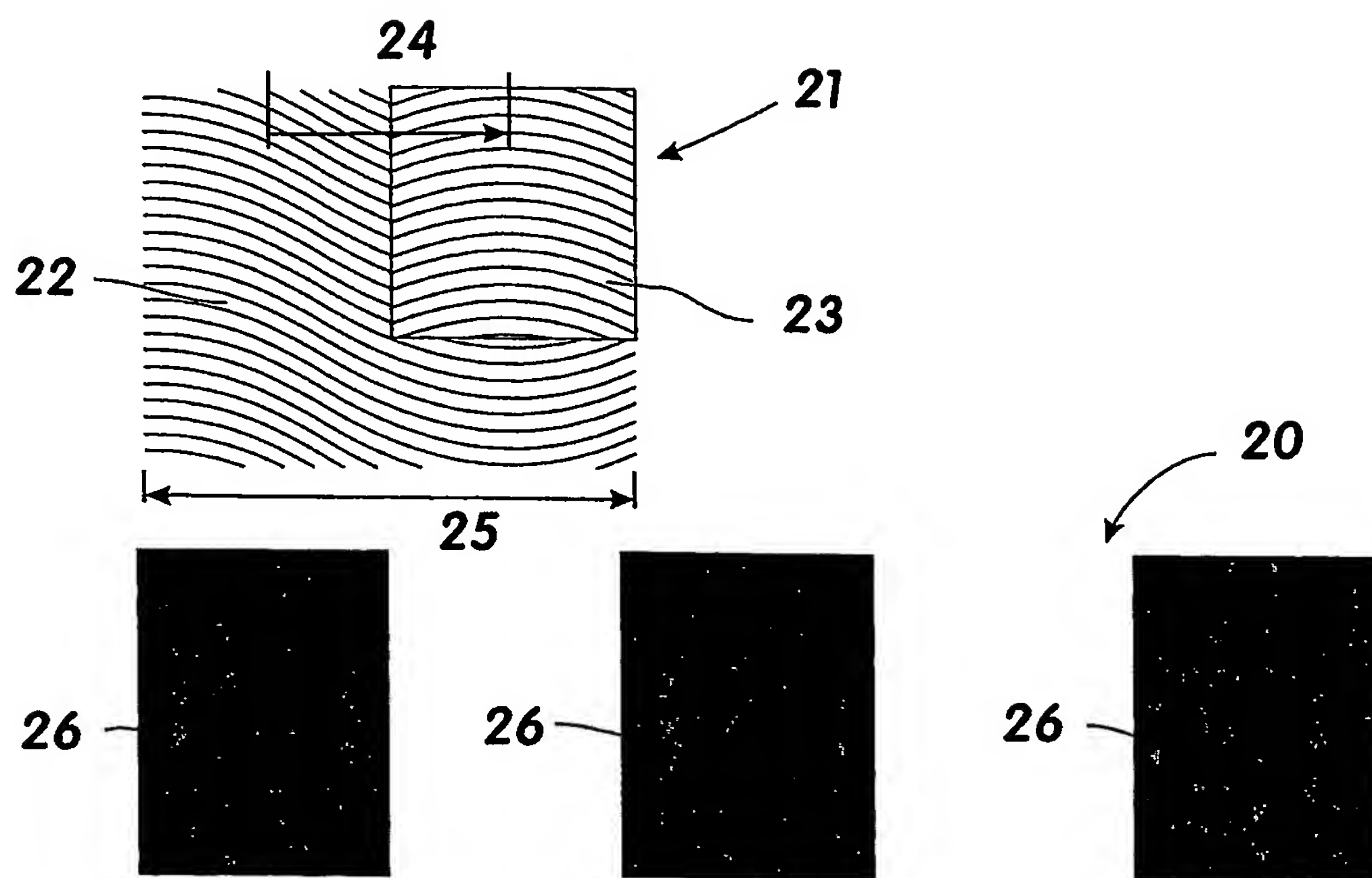


FIG. 2a

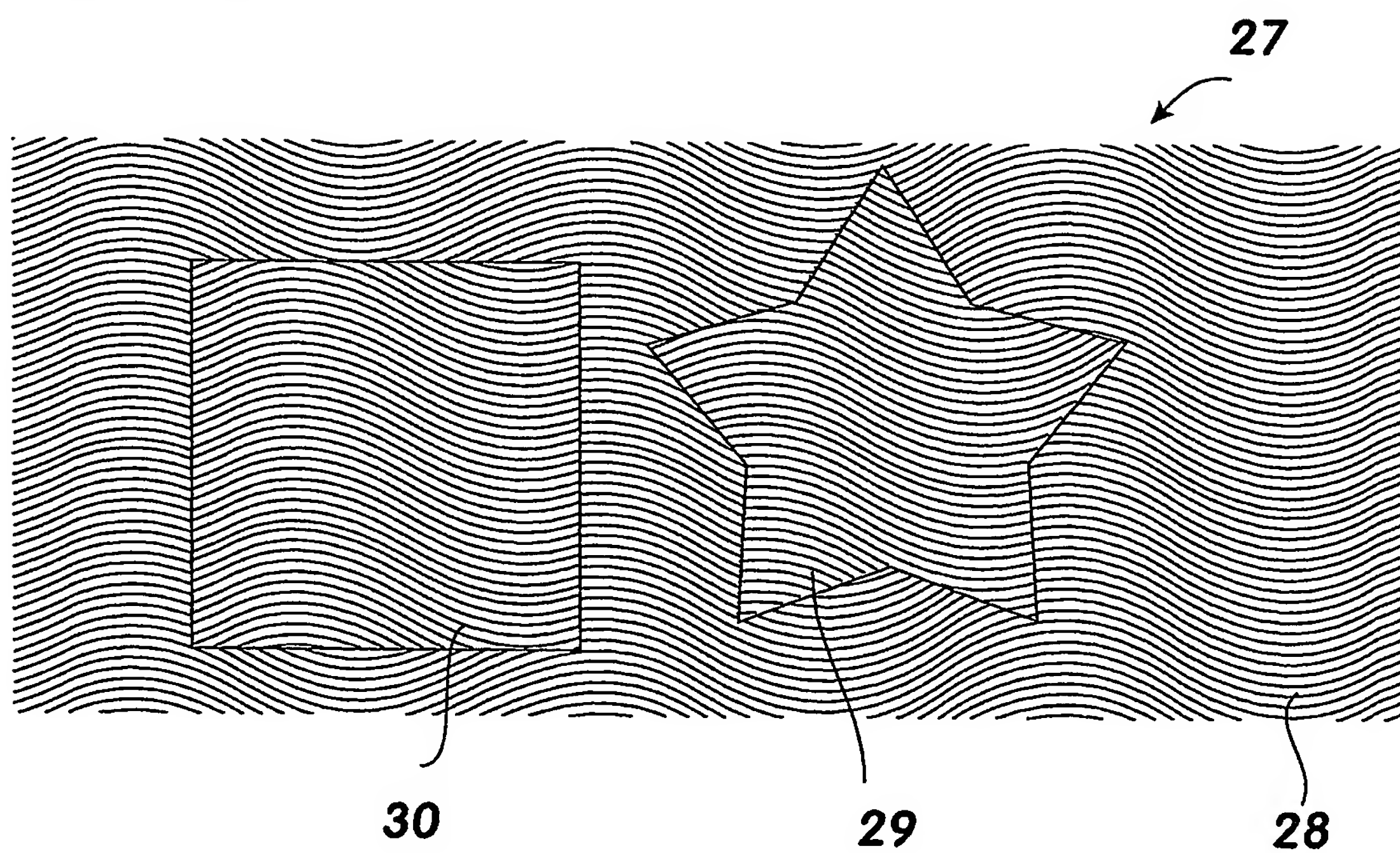


FIG. 2b

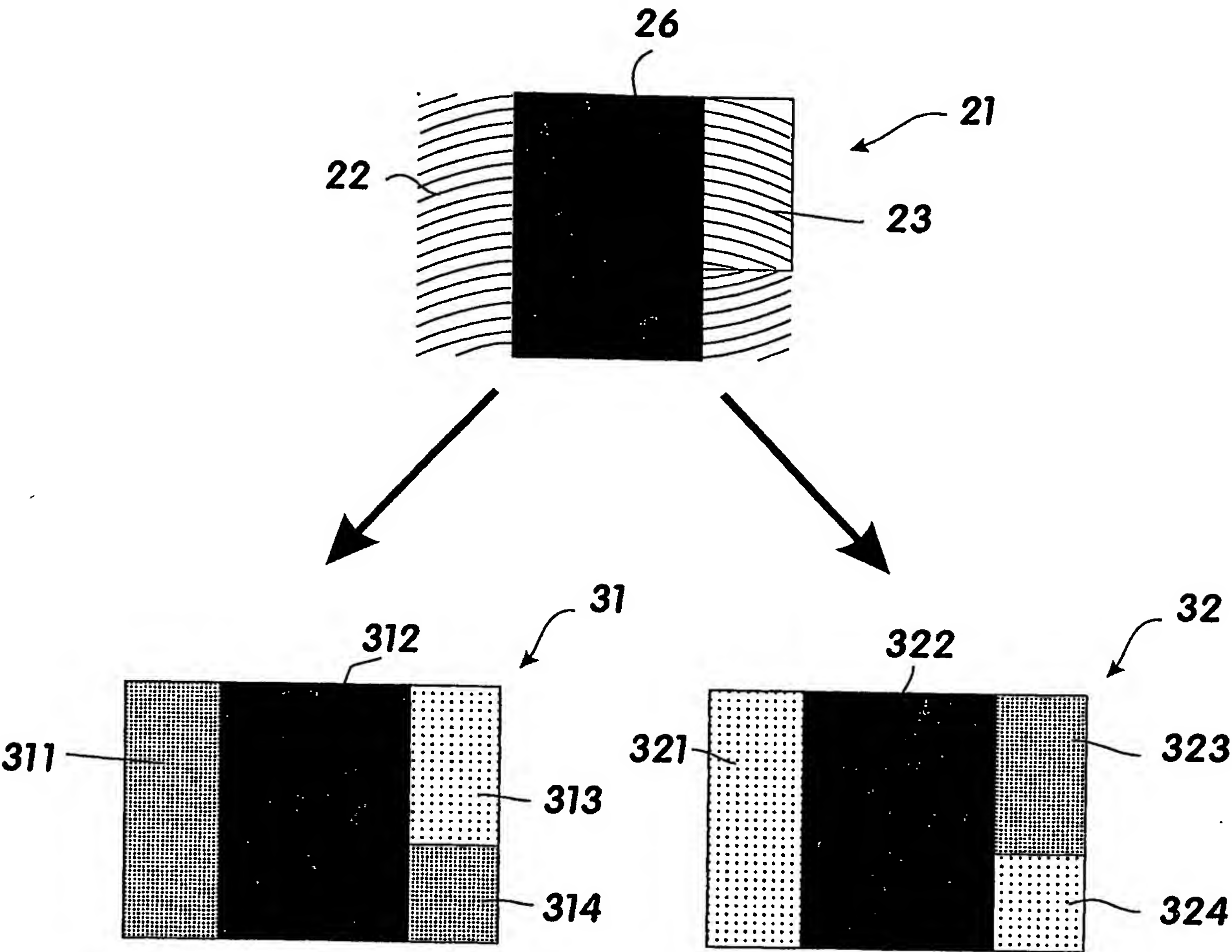


FIG. 2c

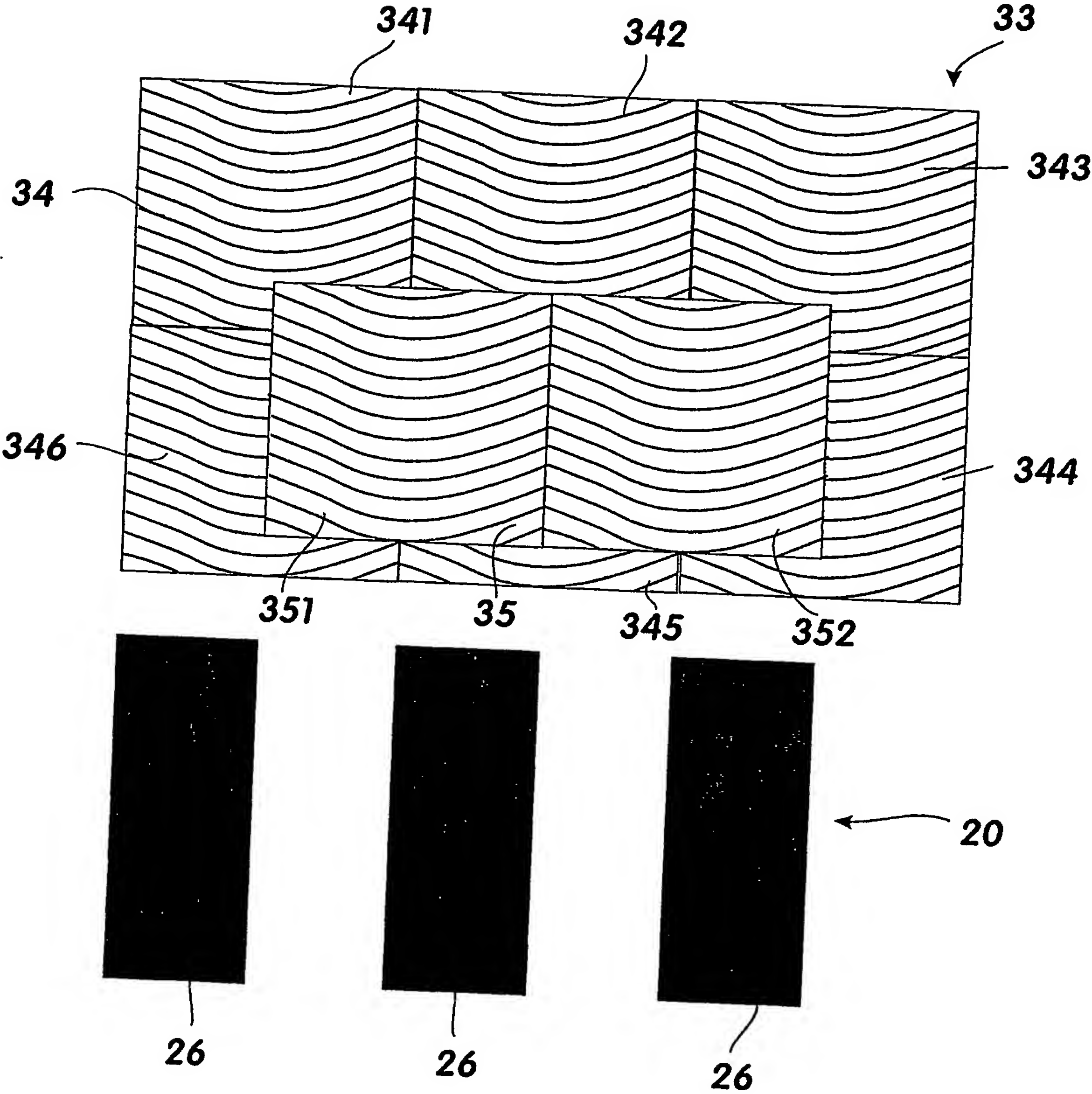


FIG. 3

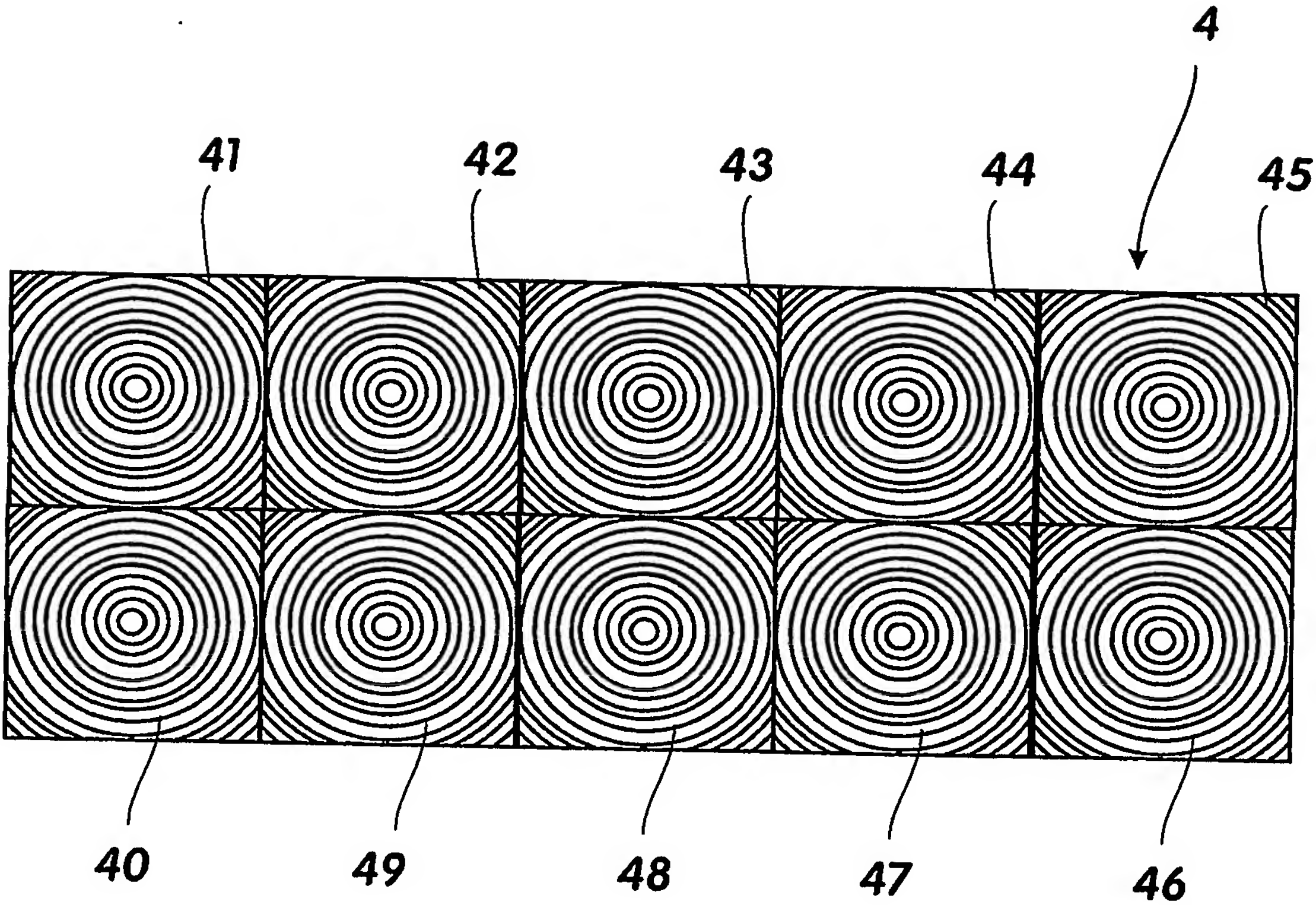


FIG. 4

FIG. 5a

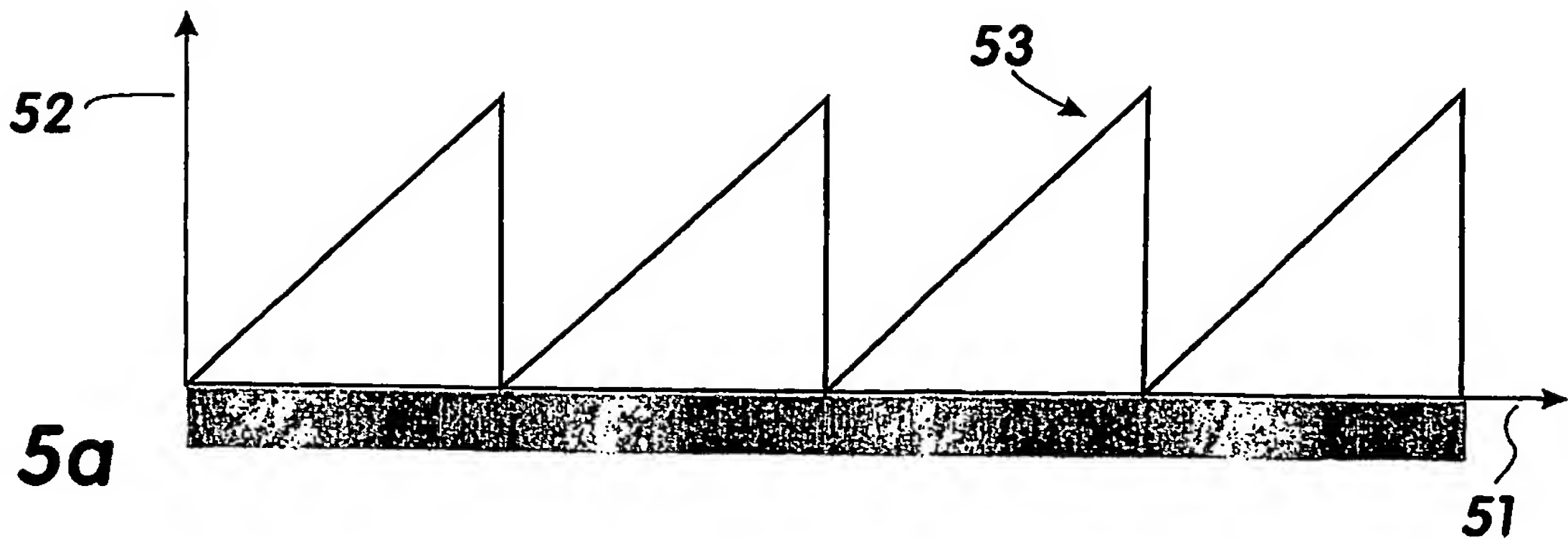


FIG. 5b

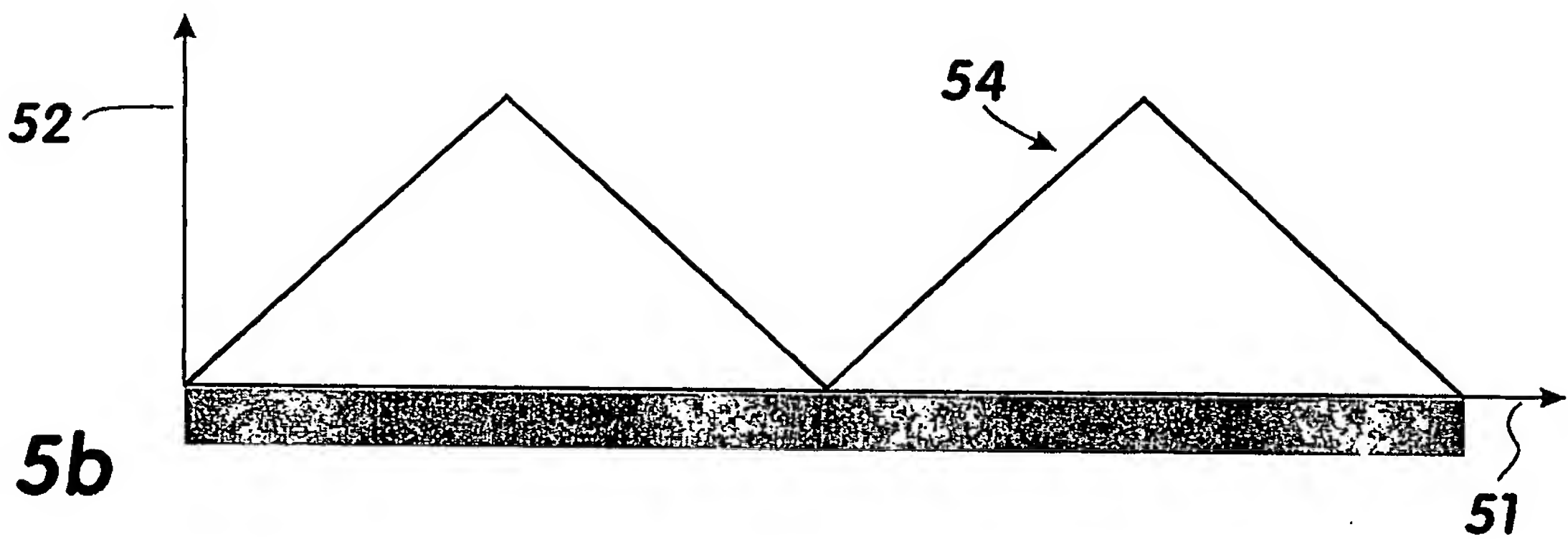
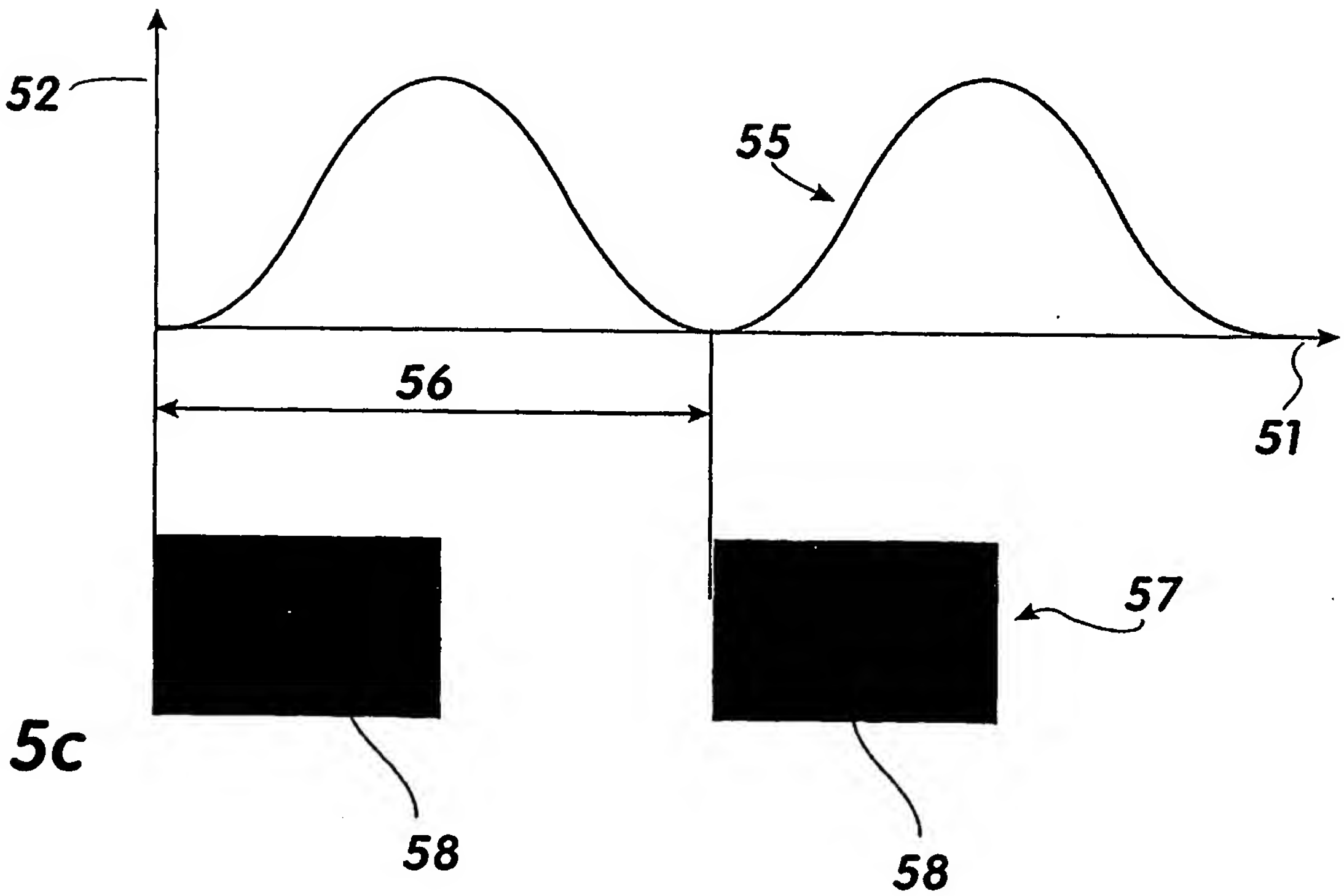


FIG. 5c



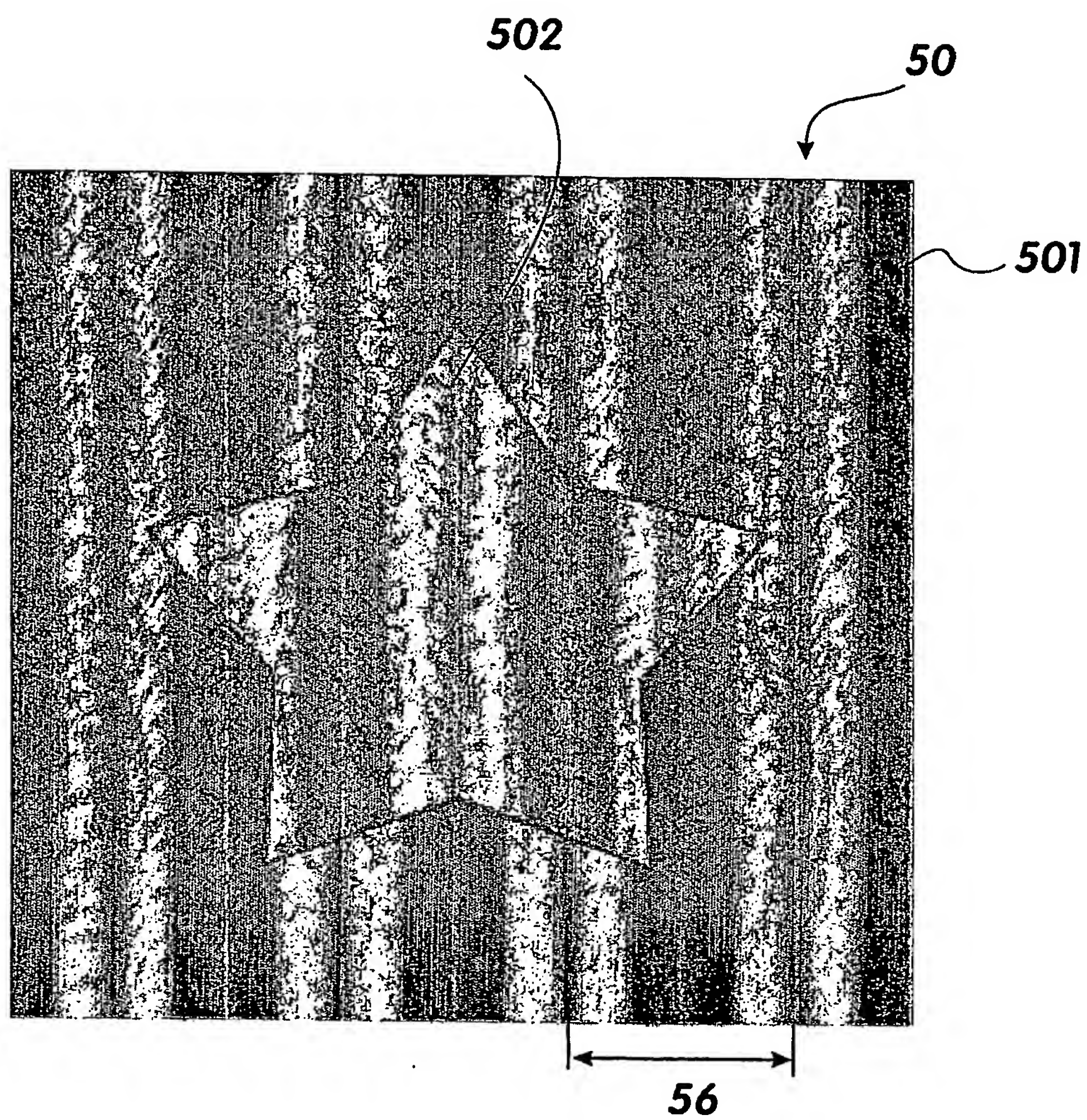


FIG. 5d

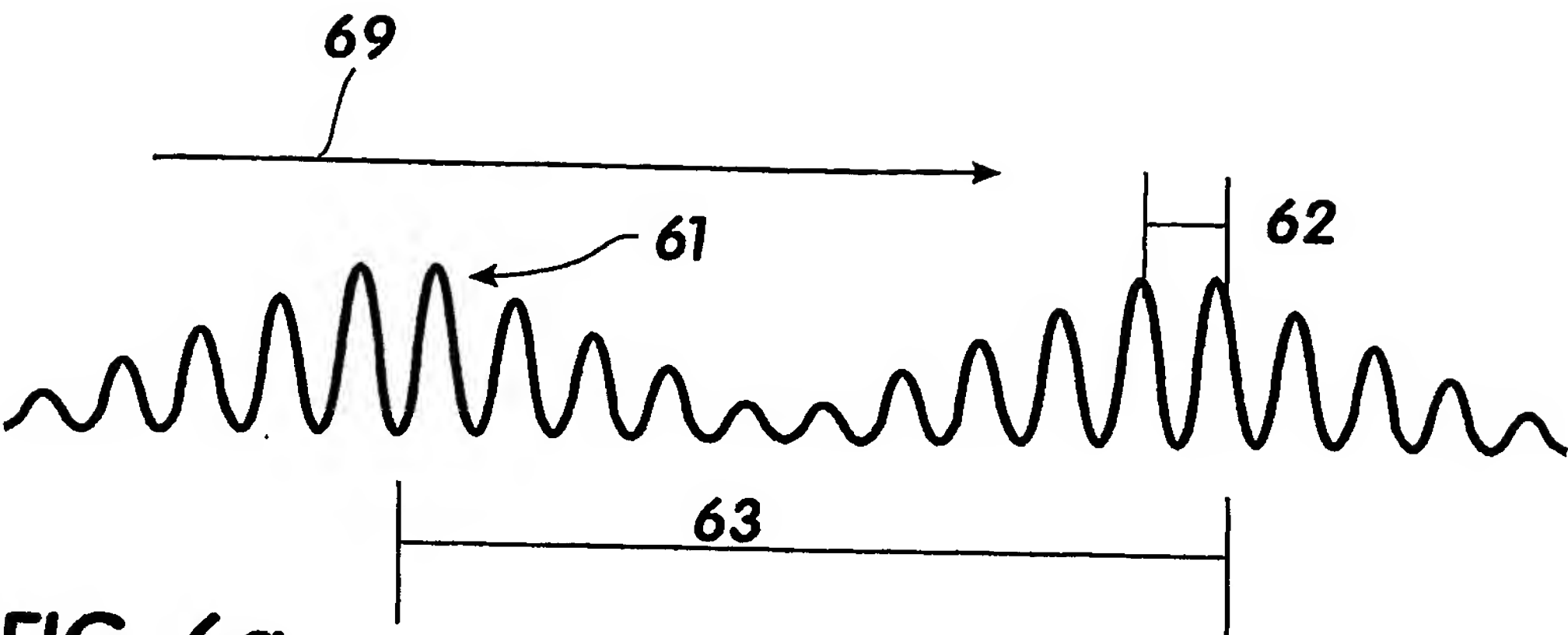


FIG. 6a

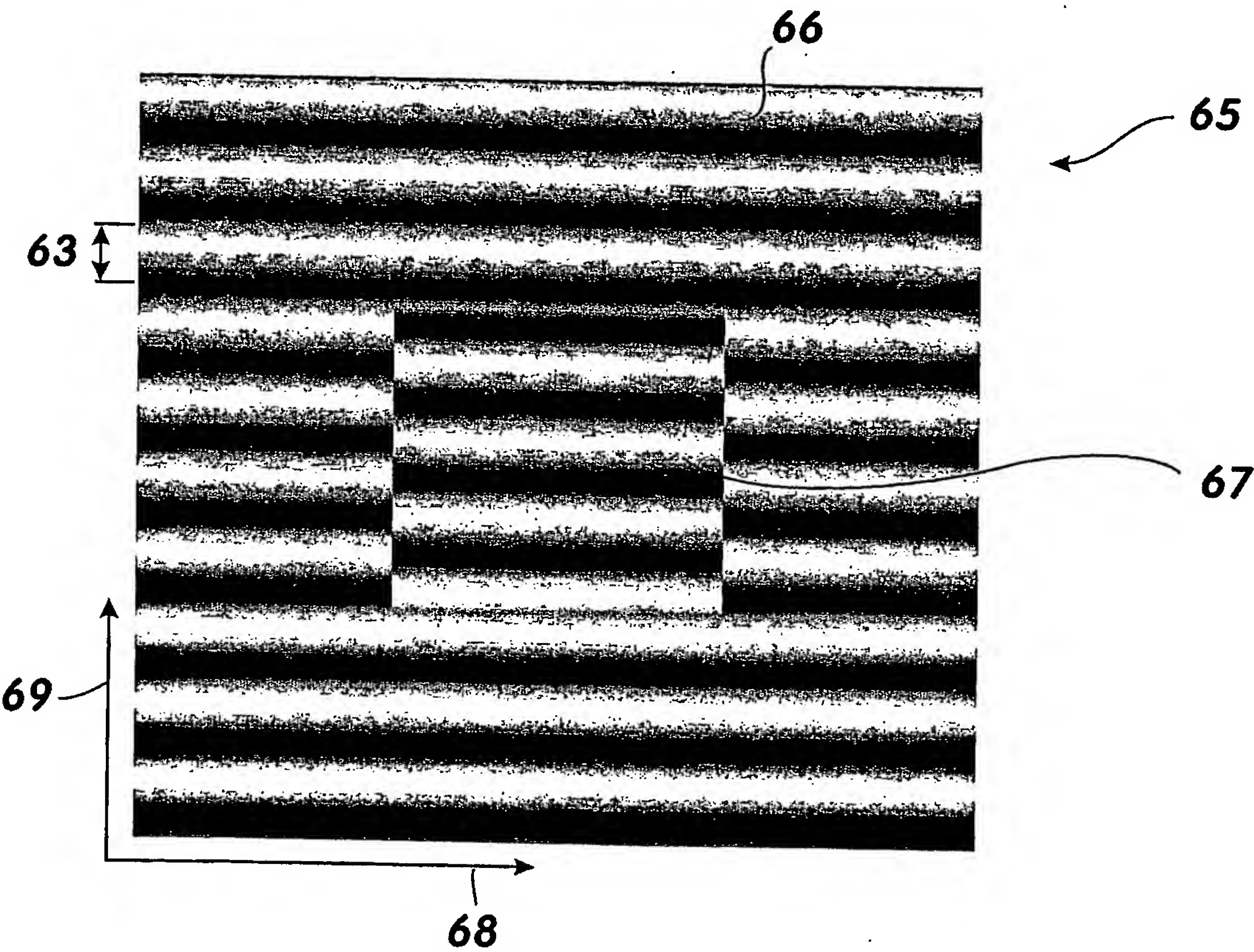


FIG. 6b

9/12

FIG. 7a

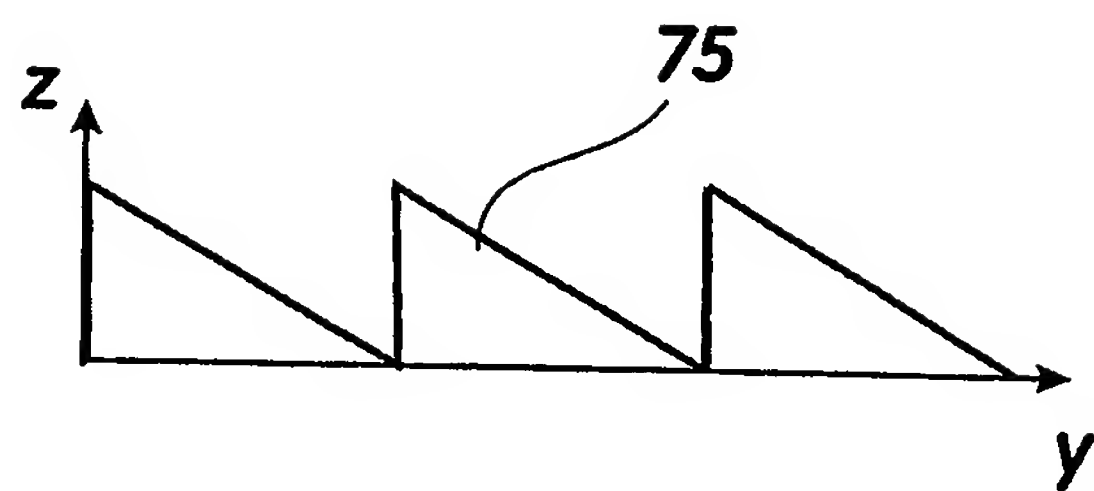
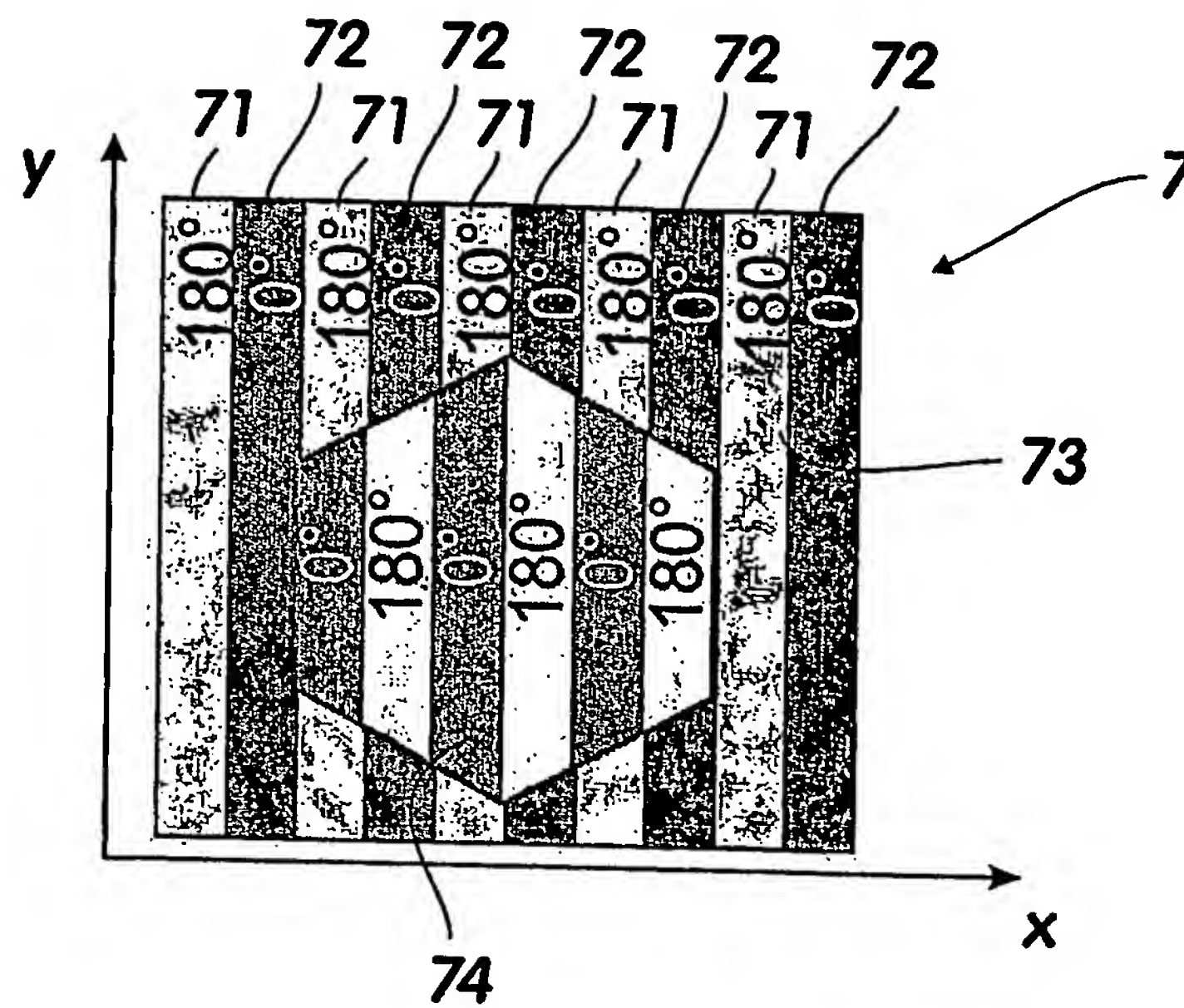


FIG. 7b

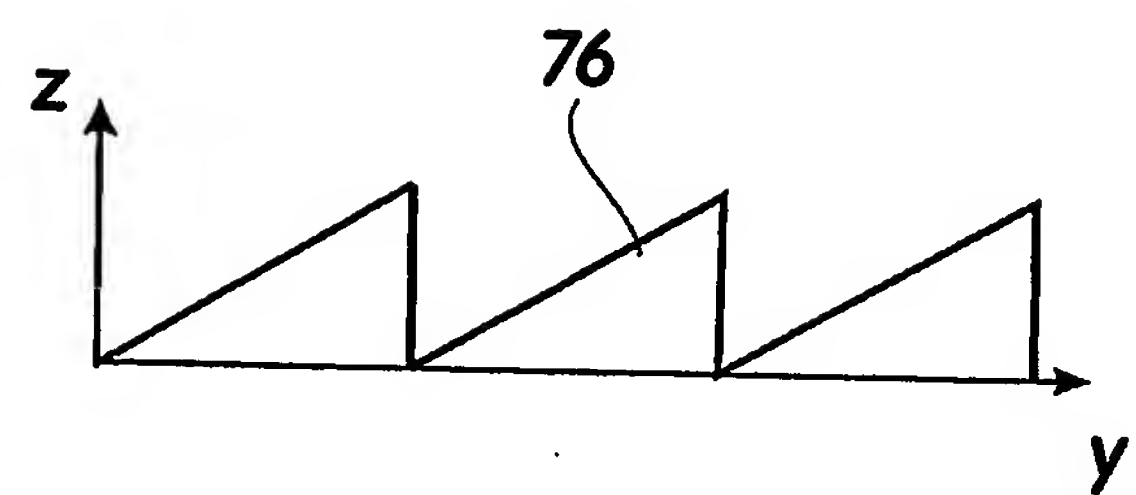


FIG. 7c

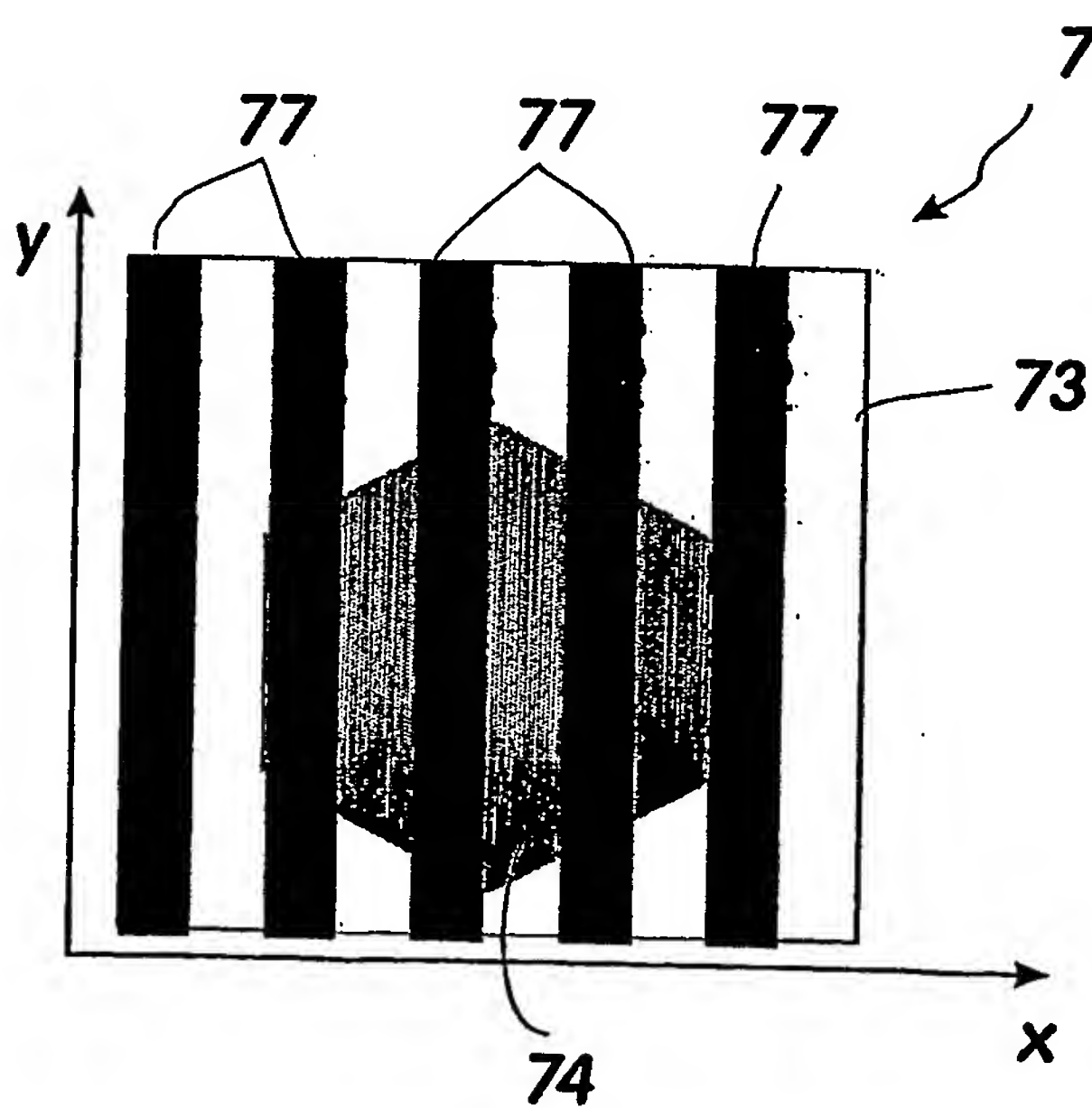


FIG. 7d

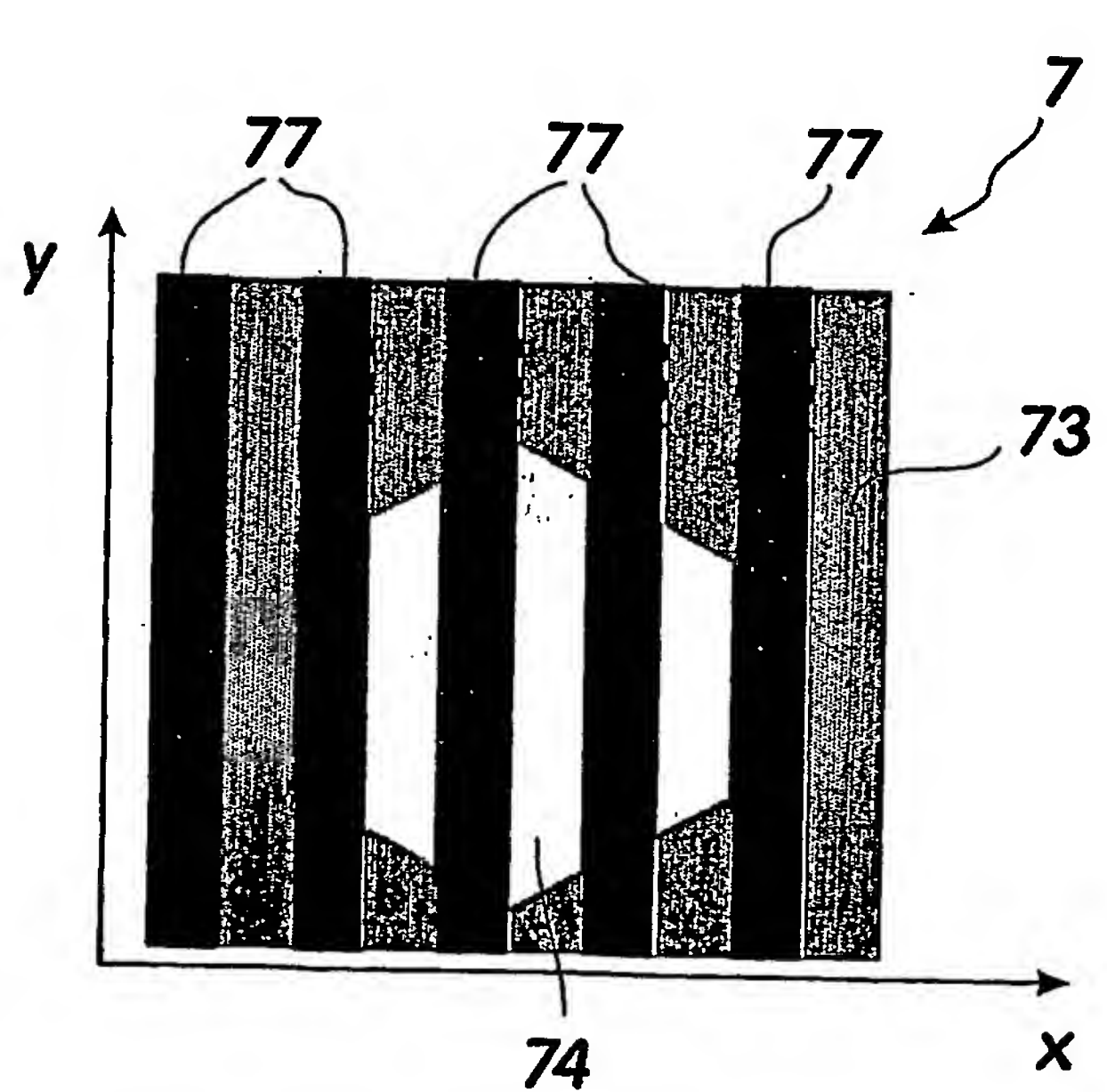


FIG. 7e

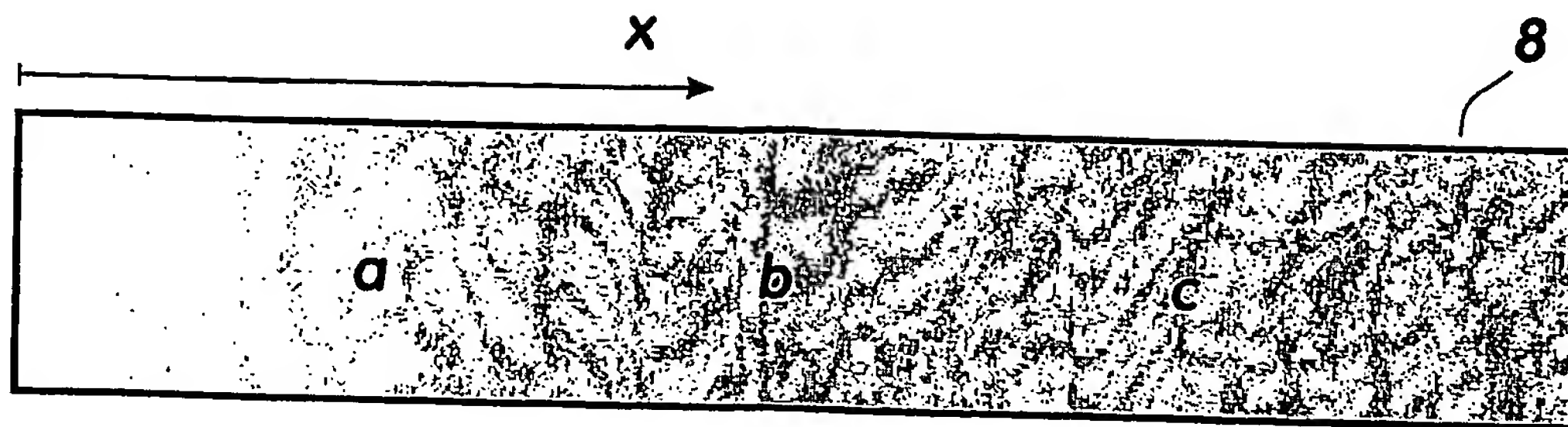


FIG. 8a

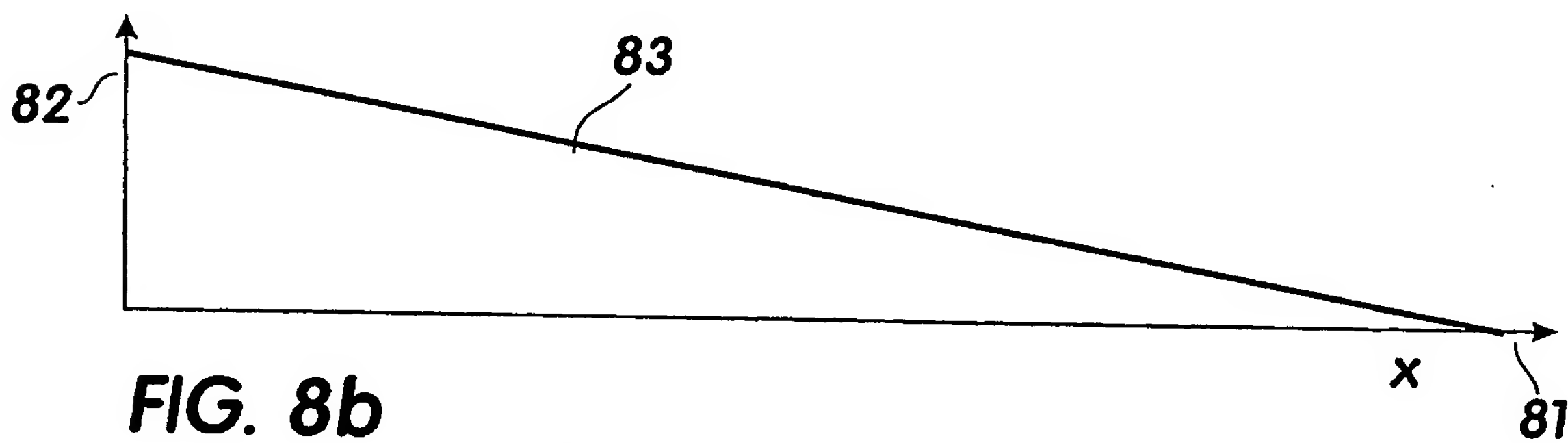


FIG. 8b

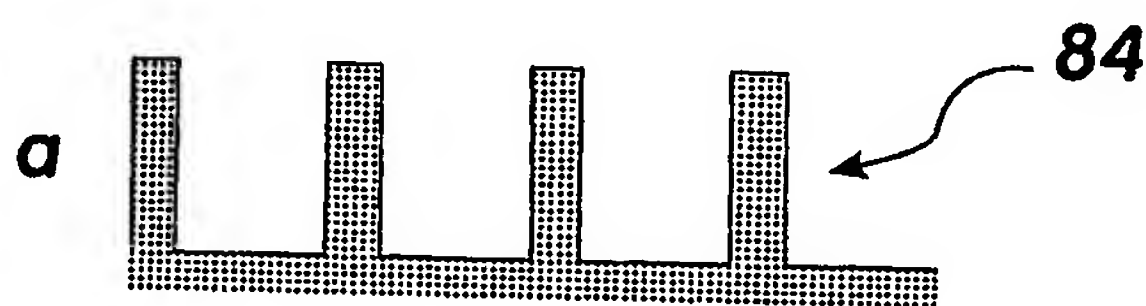


FIG. 8c

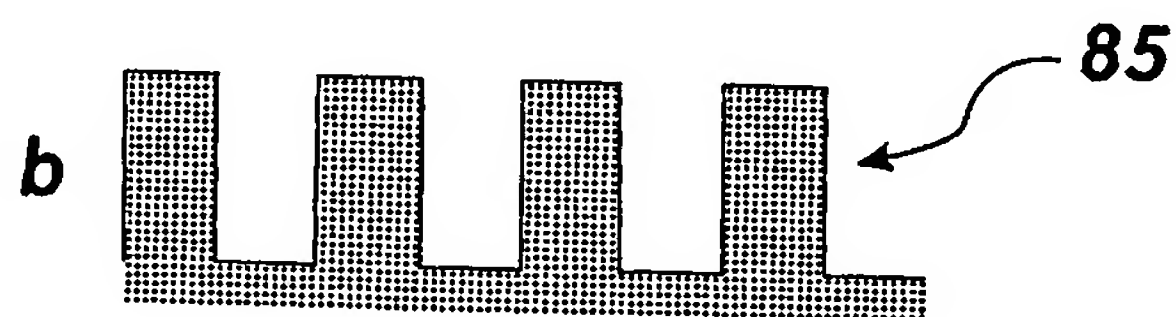


FIG. 8d

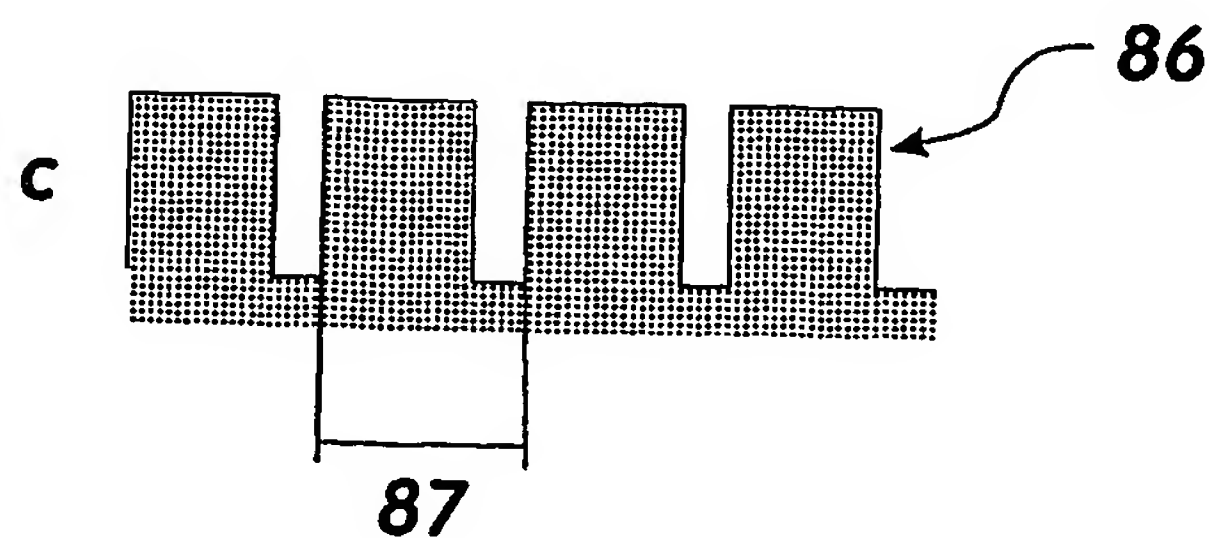


FIG. 8e



FIG. 9a



FIG. 9b

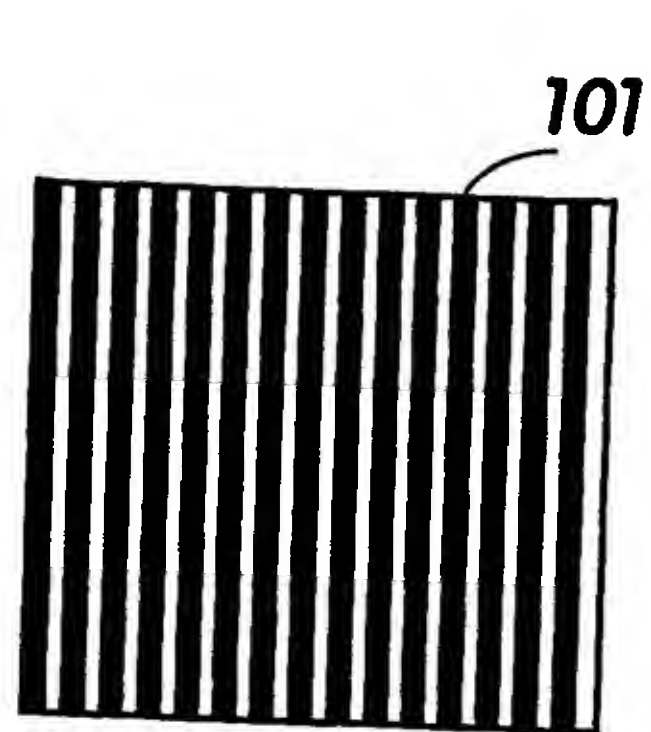


FIG. 10a

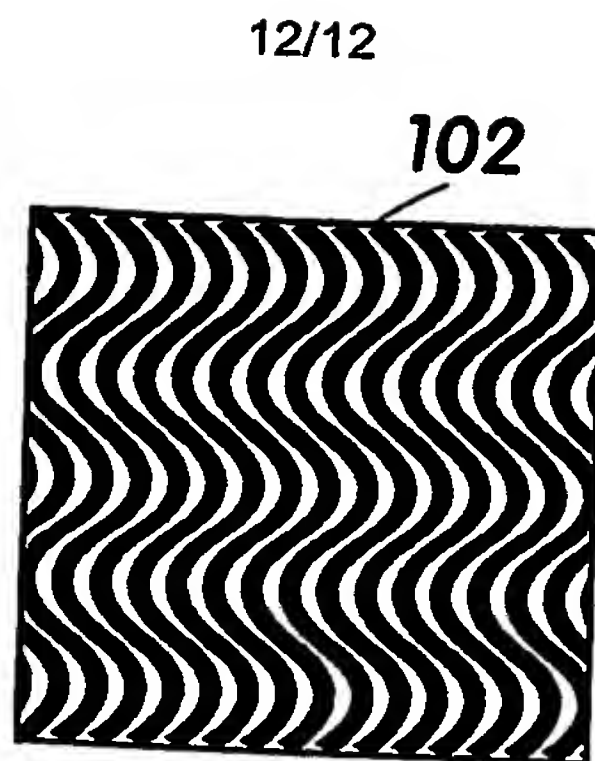


FIG. 10b

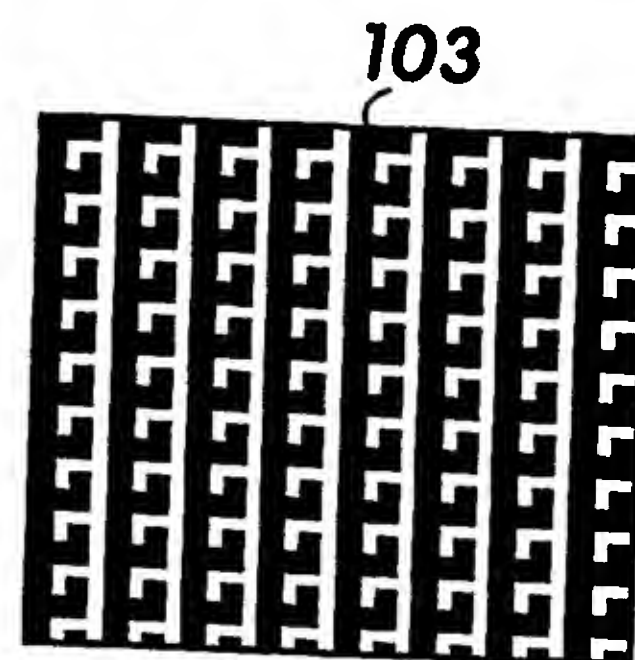


FIG. 10c

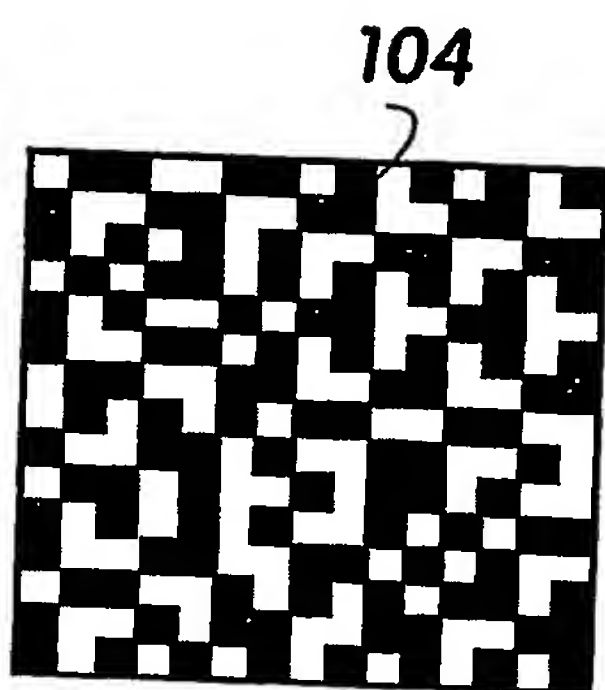


FIG. 10d

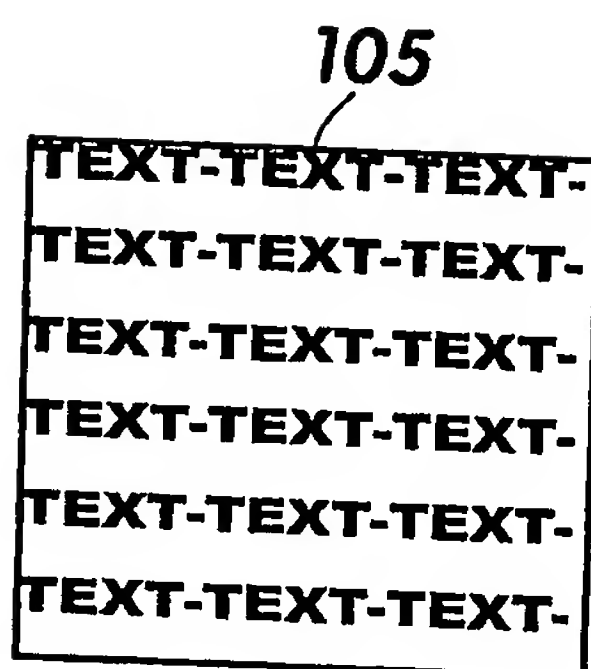


FIG. 10e

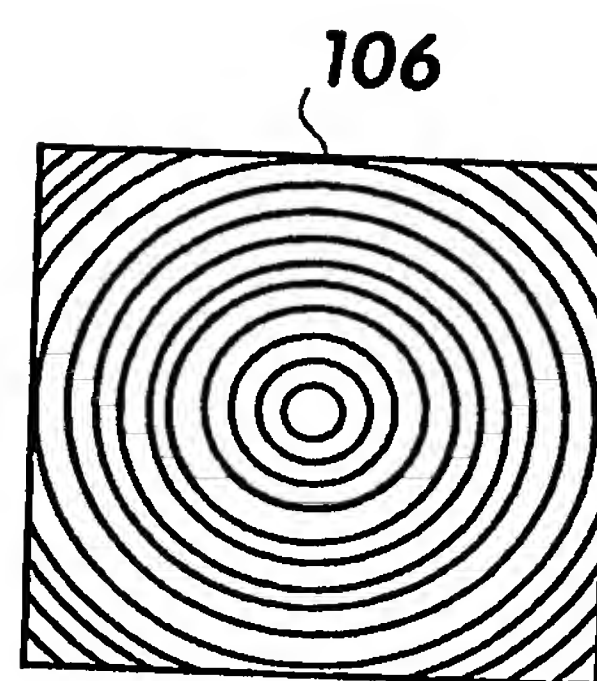


FIG. 10f

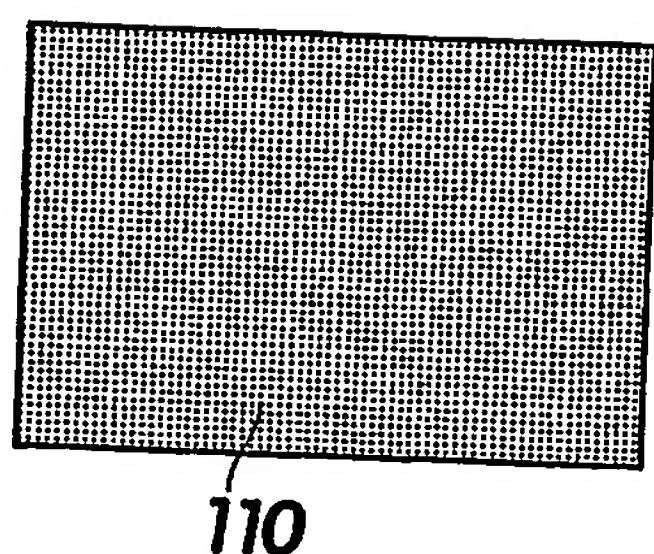


FIG. 11

